



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní



# OPTIMALIZACE ROZLOŽENÍ TLAKU ZMĚNOU STRUKTURY 3D PLETENIN SLOUŽÍCÍCH JAKO PODLOŽKA U LŮŽEK

## OPTIMIZATION OF A PRESSURE DISTRIBUTION BY CHANGING THE STRUCTURE OF THE 3D KNITTED FABRICS USED AS A MATTRESS FOR BEDS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

STUDIJNÍ PROGRAM: B3107      TEXTIL

STUDIJNÍ OBOR:      3107R004 TECHNOLOGIE A ŘÍZENÍ ODĚVNÍ  
VÝROBY (TŘOV)

Autor práce:

Martin Douša

Vedoucí práce:

Ing. Jan Palata

POČET STRAN.....	73
POČET OBRÁZKŮ .....	47
POČET TABULEK .....	8
POČET PŘÍLOH .....	3

**LIBEREC 2013**



## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do její skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat za vedení panu Ing. Janu Palatovi a také panu Ing. Ondřeji Novákovi, Ph.D. za konzultování a usměrňování při vypracovávání této bakalářské práce. Děkuji společnostem Tylex Letovice a.s. za poskytnutí vzorku osnovní 3D pleteniny a Sintex a.s. v zastoupení paní Ing. Dity Kráčalové za konzultaci a za poskytnuté vzorky zátažné 3D pleteniny.

Poděkování patří taktéž mým rodičům za morální a hmotnou podporu během celého mého studia.



## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá možným využitím 3D pletených výrobků ve zdravotnictví jako nahrazení běžných lůžkových materiálů. Problematika komfortu, především u dlouhodobě ležících pacientů, bývá jedno z hledisek posuzování kvality ošetrovatelské péče. Teoretická část se zabývá základním popisem výroby zátažných a osnovních distančních pletenin.

Experimentální část je zaměřená především na posouzení nejvhodnějšího navrstvení různých druhů pletenin. Na použitých vzorcích bylo sledováno, jaké vykazují vlastnosti při určitých kombinacích navrstvení. Vyhodnocována byla především celková plocha zatížení a průměrný kontaktní tlak. Byla také navržena metoda, která by mohla zajistit přesnější měření požadovaných vlastností.

## **Klíčová slova**

3D pletenina

XSensor

Kontaktní tlak

Dekubit

PE-LD fólie

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the possible use of 3D knitted products in health service as a substitution of ordinary bed materials. The issue of comfort, especially for long-term - lying patients, is one of the aspects of the assessment of the quality of nursing care. The theoretical part deals with the basic description of the production of weft and warp - knitted spacer fabrics.

The experimental part is focused mainly on assessing the best stack of various kinds of knitted fabrics. Used formula is focused on certain samples monitoring their response when certain combinations are applied. Evaluation reports us mainly the total load on the plane and the average contact pressure. There was also designed a method that could provide a more accurate measurement of the required properties.

## **Key words**

3D spacer fabrics

XSensor

Contact pressure

Decubitus

PE-LD foil

## Obsah

Úvod.....	9
1 Teoretická část.....	10
1.1 Historický vývoj pletení.....	10
1.2 Pleteniny.....	11
1.2.1 Základní pojmy.....	11
1.2.2 3D pleteniny.....	15
1.3 3D distanční textilie.....	16
1.3.1 Zátěžné distanční pleteniny.....	18
1.3.2 Osnovní distanční pleteniny.....	20
1.3.3 Chování distanční pleteniny při tlaku.....	25
2 Experimentální část.....	27
2.1 Dekubitus.....	27
2.2 Použité zařízení pro snímání tlaku.....	29
2.2.1 Jednotky tlaku.....	30
2.3 Použité vzorky.....	31
2.3.1 Stretch 500 MC21 vzor D0030_02.....	31
2.3.2 3D 030A.....	32
2.3.3 Technická data použitých pletenin.....	33
2.4 Návrh experimentu.....	34
2.4.1 Návrh hypotézy.....	34
2.4.2 Průběh experimentu.....	35
2.5 Výsledky a jejich diskuze.....	36
2.5.1 Měření bez použití fólie.....	37
2.5.2 Měření při použití fólie.....	42
2.5.3 Vyhodnocení hypotézy.....	45
2.5.4 Vyhodnocení zkoušených vzorků.....	46
3 Závěr.....	49
Použitá literatura.....	51
Seznam obrázků.....	54
Seznam tabulek.....	56
Seznam příloh.....	56

## Seznam použitých symbolů a zkratek

200°C	200 stupňů Celsia
39"	39 anglických palců
95% IS	Devadesáti pěti procentní interval spolehlivosti
ER	Jemnost stroje na 2"
f	Fibrila
hm.	Hmotnost
in <sup>2</sup>	Anglický palec čtvereční
kap.	Kapitola
KL	Kladecí přístroj
koef.	Koeficient
mmHg	Jednotka tlaku (milimetr rtuťového sloupce)
n.l.	Našeho letopočtu
O <sub>2</sub>	Molekula kyslíku
PE-PL	Polyethylen s nízkou hustotou
př. n. l.	Před naším letopočtem
PU	Polyuretan
s	Směrodatná odchylka
s <sup>2</sup>	Rozptyl
skut.	Skutečná
stol.	Století
v	Variační koeficient
$\bar{x}$	Aritmetický průměr
$\bar{x}'$	Aritmetický průměr vypočítaný s pomocí koeficientu

## Úvod

Pleteniny a celý pletařský průmysl patří k mladším odvětvím textilní výroby. V dnešní době však zaujímají nepřehlédnutelné místo v životě člověka. Jsou oblíbené pro své užité vlastnosti – poddajnost, prodyšnost, měkkost, tepelně izolační vlastnosti a spotřebitelský komfort. Od tkanin a netkaných textilií se odlišují svou výraznou tažností. Jako součásti oděvů se s nimi setkáváme každý den. Za posledních několik desítek let je snaha najít pro pleteniny využití i v dalších odvětvích jako jsou interiérové textilie, výztuže kompozitních materiálů, obaly, implantáty (cévy, šlachy, apod.). Napomáhá tomu možnost zpracování nekonvenčních materiálů. Pletařské stroje vynikají variabilitou a poměrně vysokou produktivitou. Při výrobě je kladen vysoký důraz na požadované vlastnosti pleteniny, použitý materiál a bezchybnost vazby. Modernizací, v podobě elektrizace pletařských strojů, lze realizovat vysoké nároky na výrobu.

Úkolem této práce by mělo být zhodnocení problematiky týkající se optimalizace rozložení tlaku u lůžek použitím distančních 3D pletenin a jejich kombinací nalézt optimální složení vrstev na podložce. Pro experiment byla použita měřicí tlaková podložka vyrobená společností XSensor Technology Corporation a vzorky, které byly zhotoveny firmami Tylex Letovice a.s. a Sintex a.s.

# 1 Teoretická část

## 1.1 Historický vývoj pletení

Pletenina začala být běžně vyráběna oproti tkanině podstatně později. První tkaná plátna se řadí už do období 4. – 3. tisíciletí př. n. l. Zbytky pletených výrobků jsou prokazatelně známy až v 6. stol. n. l. První pleteniny se objevily v Egyptě a do Evropy se dostaly až ve 13. stol. n. l.

První zmínka o mechanickém pletení je spojena s vynálezcem Williemem Leem, který roku 1589 vynalezl plochý zátažný stávek. Anglický rolník J. Strutt zkonstruoval roku 1758 dvoulůžkový zátažný stávek, kde bylo možné vyrábět oboulícni pleteninu, která byla do té doby pletena pouze na jehlicích. Mezi roky 1768 -1775 byla provedena první mechanizace zátažného stávku a první kladení osnovní nitě. Byl také zkonstruován první osnovní stávek. Roku 1791 Angličan W. Dawson mechanizoval samostatný posun jednotlivých kladecích přístrojů osnovního stávku. V roce 1855 byl zkonstruován první rašlový stroj (angl. raschel machine). O 6 let později byla provedena úprava zátažného stávku. Byl opatřen mechanickým ujímacím zařízením, které mělo vodorovnou jehelní řadu. Cottonův stávek se svislou jehelní řadou, který se stal základem pro koncepci moderních zátažných pletacích stávku, byl postaven r. 1868. Ve stejném roce podal Matthew Townsend of Leicester patent na 3D pleteniny.

První pletárna na českém území vznikla v roce 1697 pod Krušnými horami v Oseku, kde byly pleteny punčochy.

Principy byly vynalézány především v 19. století. K největšímu rozmachu a zdokonalení principů došlo až ve 30. letech a po druhé světové válce. Rozšíření používání syntetických materiálů bylo pro rozvoj pletení také přínosem. [1][2][3][4]

## 1.2 Pleteniny

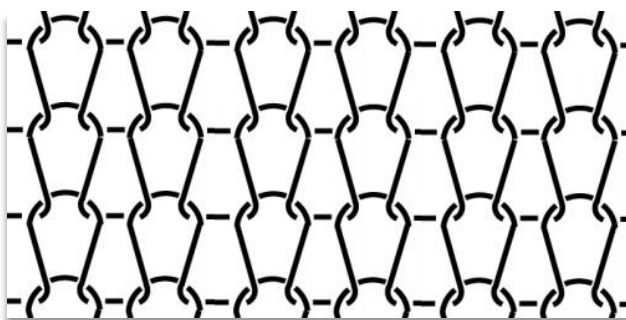
Pleteniny jsou plošné textilie vznikající většinou z jedné soustavy nití vytvářením oček a jejich vzájemným provázáním pletařskou technikou. [4][12]

### 1.2.1 Základní pojmy

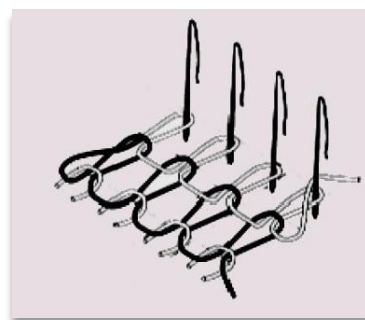
#### Pleteniny zátažné:

U zátažných pletenin se oka vytvářejí z nitě probíhající vodorovně. Schéma je uvedeno na obrázku, viz *Obrázek 1*. Oka vytvořená tímto jediným pracovním postupem vytvářejí řádek, tj. jsou vedle sebe, viz *Obrázek 2*.

Tyto pleteniny mohou být vyráběny na plochých pletacích strojích, které mají nejuniverzálnější výrobní možnosti. Dále na velkopřůměrových okrouhlých strojích, kde mohou být užitě všechny vazby. Nejvíce těchto strojů je určeno pro pletení oboulicní a interlokové pleteniny. Malopřůměrové okrouhlé stroje jsou používány výhradně pro výrobu ponožek a punčochového zboží. Stroje mohou být jednolůžkové i dvoulůžkové. [14][21]



*Obrázek 1 Zátažná pletenina [6]*

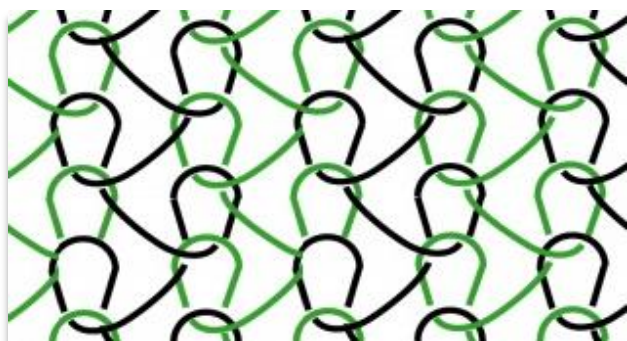


*Obrázek 2 Výroba zátažné pleteniny [5]*

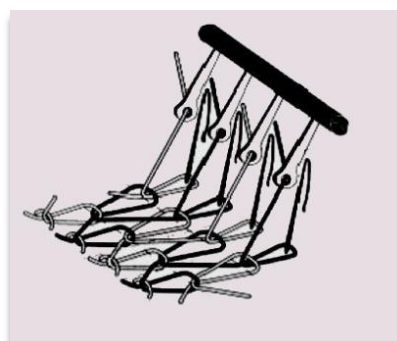
#### Pleteniny osnovní:

U osnovních pletenin se jedním pracovním postupem vytvoří zpravidla z každé nitě probíhající podél pleteniny (svisle) jedno oko, viz *Obrázek 4*. Řádek se vytvoří z několika oček vedle sebe, z nichž každé je vytvořeno z jedné osnovní nitě. Dalším pracovním postupem se z osnovních nití vytvářejí sloupky oček, viz *Obrázek 3*. [1]

Stroje pro výrobu těchto pletenin mohou být osnovní stávky, rašlové stroje nebo galonové stávky. Galonové stávky mají jehly umístěny horizontálně a jsou určeny pro výrobu prýmek, stuh a krajek na dámské spodní prádlo. V němčině je pro osnovní stávek a rašl používán stejný výraz – osnovní stávek. Podle Františka Sovadíka [14] jsou rozdíly pouze dva – v úhlu svírání osnovní nitě s vytvářenou pleteninou a v používání kombinované platiny. [14]



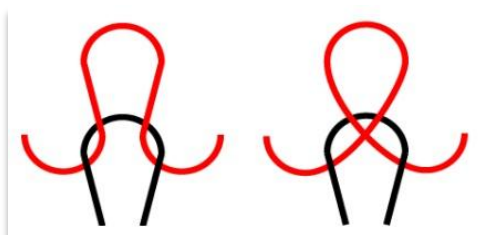
Obrázek 3 Osnovní pletenina [6]



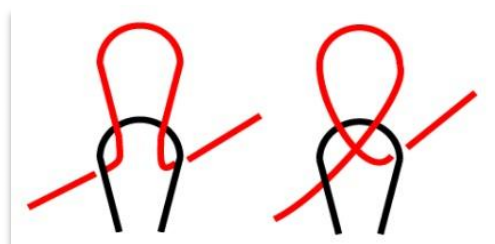
Obrázek 4 Výroba osnovní pleteniny [5]

#### Očko pleteniny:

Očko je základním konstrukčním útvarem pletařské vazbové techniky, viz *Obrázek 5*, *Obrázek 6*. Může mít tvar otevřené nebo uzavřené smyčky. Otevřená smyčka je volně stočená niť, která se tahem do stran postupně rozšiřuje a současně zmenšuje, až se zcela narovná. Uzavřená smyčka se tahem zmenšuje a více uzavírá. Očko je otevřená nebo uzavřená smyčka protáhlá předcházející otevřenou nebo uzavřenou smyčkou. Až vytvořením následujícího oka se oka zajistí proti vypárání. [12]



Obrázek 5 Zátěžná otevřená a uzavřená smyčka [6]



Obrázek 6 Osnovní otevřená a uzavřená smyčka [7]



**Vlastnosti pletenin:**

Vlastnosti pletenin jsou rozdělovány na geometrické, mechanicko-fyzikální a fyziologicko-hygienické. Geometrické vlastnosti výrazně ovlivňují výsledné použití pletenin. Jde především o hustotu, délku nitě v očku a průměr příze. Mezi mechanicko-fyzikální vlastnosti patří tažnost, pružnost, tuhost v ohybu, odolnost proti zatěžování na tah, apod. Mezi fyziologicko-hygienické zařazujeme prodyšnost, propustnost vodních par, tepelná izolace, apod. [1]

Velkou předností pletenin oproti ostatním materiálům je jejich vysoká tažnost a pružnost. Při správném poměru tloušťky materiálu a velikosti oček se vrátí vytáhnutá pletenina do původní polohy ihned po uvolnění tahu. Pružnost do velké míry závisí na elasticitě příze. Prodyšnost pletených výrobků má ze zdravotního hlediska velký význam, protože zabezpečuje výměnu tepelného media mezi tělem a oděvem. Tepelně-izolační schopnost pletenin označuje jejich schopnost zpomalit nebo zamezit přechodu tepla z teplejšího prostředí do chladnějšího. Dobré tepelně-izolační vlastnosti pletenin jsou podmíněné větší pórovitostí a tím i větším obsahem vzduchu v pletenině. [1][4][12]

**Výpočetní vztahy pro pleteniny:**

Reálný průměr příze

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\rho \cdot \pi \cdot \mu}} \text{ [mm]}. \quad (1)$$

kde  $d$  - reálný průměr příze [mm]  
 $m$  - hmotnost [kg]  
 $l$  - délka [mm]  
 $\rho$  - hustota vláken [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]  
 $\mu$  - stupeň zaplnění příze [1]

Relativní pevnost nitě ve smyčce [18]

$$f_s = \frac{F_s}{2 \cdot F_c} \cdot 10^2 \text{ [%]}. \quad (2)$$

kde  $f_s$  - relativní pevnost nitě ve smyčce [%]  
 $F_s$  - pevnost nití ve smyčce [N]  
 $F_c$  - pevnost nití v tahu [N]

Hustota pleteniny (většinou se uvádí 100 cm<sup>2</sup> nebo 1 m<sup>2</sup>) [18]

$$H_c = H_r + H_s [(100 \text{ cm}^2)^{-1}]. \quad (3)$$

kde  $H_c$  - počet oček na 100 cm<sup>2</sup>  
 $H_r$  - počet řádku na 100 mm  
 $H_s$  - počet sloupků na 100 mm

Pórovitost [20]

$$p = \frac{\rho_{vlK} - \rho_V}{\rho_{vlK}} \cdot 10^2 [\%]. \quad (4)$$

kde  $p$  - pórovitost textilie [%]  
 $\rho_{vlK}$  - hustota klimatizovaných vláken [kg · m<sup>-3</sup>] (z *tabulek*)  
 $\rho_V$  - objemová měrná hmotnost textilie [kg · m<sup>-3</sup>]

Teoretická pevnost pleteniny [19]

$$F_s = F_n \cdot H_s \cdot n [N]. \quad (5)$$

$$F_r = F_n \cdot H_r [N]. \quad (6)$$

kde  $F_n$  - pevnost nitě [N]  
 $F_s$  - pevnost pleteniny ve směru sloupků [N]  
 $F_r$  - pevnost pleteniny ve směru řádků [N]  
 $n$  - počet nití v očku, které se podílejí na pevnosti

Délka nitě v očku dle Dalidoviče [18]

$$l = \frac{\pi}{2} \cdot b + \pi \cdot d + c [mm]. \quad (7)$$

kde  $b$  - šířka oka [mm]  
 $c$  - výška oka [mm]  
 $d$  - průměr nitě [mm]

Zaplnění pleteniny materiálem [18]

- lineární koeficient plnosti

$$k = \frac{\sqrt{T_t}}{l} [tex \cdot m^{-1}]. \quad (8)$$

kde  $T_t$  - délková hmotnost nitě [tex]  
 $l$  - délka nitě v očku [m]

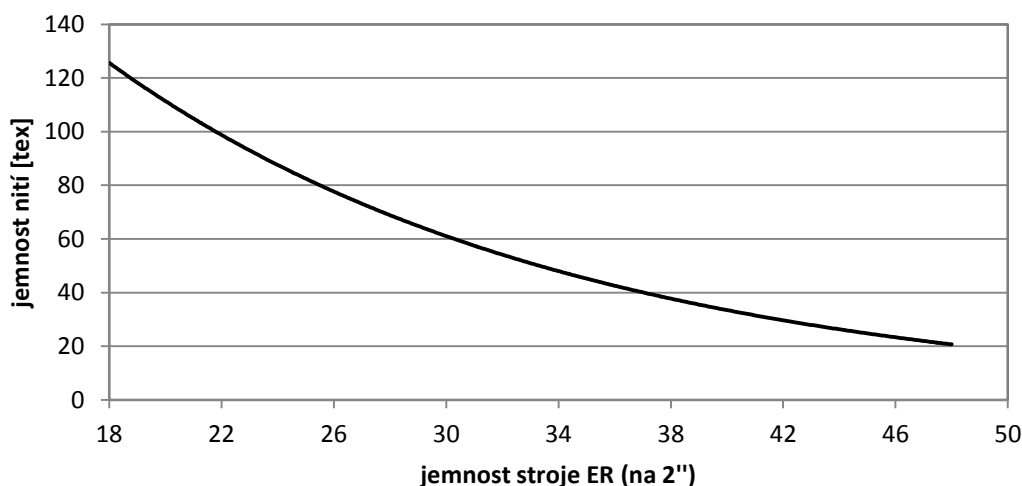
- plošný koeficient plnosti

$$k_p = \frac{b \cdot c}{l \cdot d} [1]. \quad (9)$$

kde

$b$	- šířka oka [mm]
$c$	- výška oka [mm]
$l$	- délka nitě v oku [mm]
$d$	- průměr nitě [mm]

Graf, viz *Obrázek 7*, uvádí maximální jemnost materiálů, udávanou Fr. Sovadíkem [14], které mohou rašlové stroje zpracovávat. Hodnoty jsou v určitém směru orientační, protože na některých strojích mohou být použité jehly různé délky a tloušťky.



*Obrázek 7 Maximální jemnost nití pro použití na rašlu [14]*

### 1.2.2 3D pleteniny

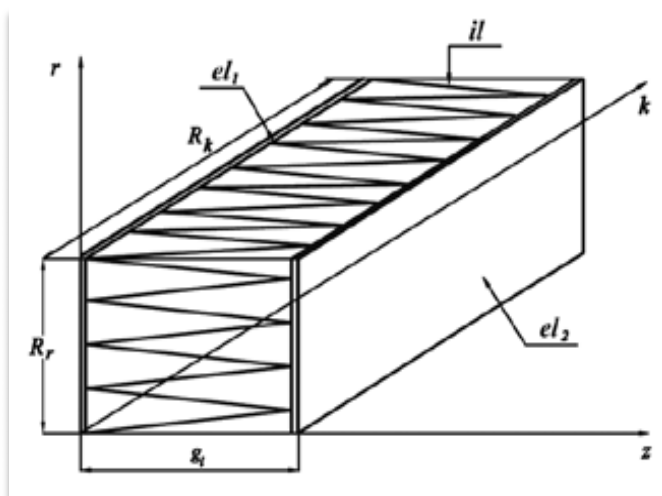
Pro výrobu vrchního a svrchního ošacení jsou nejvíce rozšířené výrobky zhotovené zátažnou technologií. Osnovní technologie nachází daleko větší uplatnění v oblasti výroby krajkovin, krajkového zboží, sportovních dresů, plavek a cvičebních úborů. Textilie pro technické účely nacházejí největší uplatnění při výrobě záclon, ubrusů, obvazového materiálu, filtračních výplní, oděvní a sportovní doplňky. Do této skupiny lze zahrnout i 3D úplety (90% 3D pletenin je vyrobeno právě osnovní pletařskou technologií). Speciální skupinou 3D pletenin jsou 3D distanční pleteniny. V anglickém jazyce se ovšem tyto pojmy příliš nerozlišují. [8]

### Charakteristické vlastnosti 3D distančního úpletu

- Vysoká prodyšnost - cirkulace vzduchu mezi povrchy úpletu.
- Nízká hmotnost v poměru k objemu.
- Neabsorbuje vlhkost (jednoduchý transport vlhkosti).
- Perfektní pružnost = vysoký stupeň vratné deformace.
- Jednoduchá tvarovatelnost.
- Antialergický a zdravotně nezávadný (nepodporuje výskyt plísní a roztočů). [8]

### 1.3 3D distanční textilie

Distanční textilie jsou známé téměř 150 let, ale k jejich vývoji došlo až ke konci 20. století. Mohou být vyrobeny tkaním (tkané 3D textilie), pletením na dvoulůžkových zátažných strojích (zátažné oboulící 3D pleteniny) nebo na dvoulůžkových osnovních strojích (osnovní oboulící 3D pleteniny). *Obrázek 8* znázorňuje schéma 3D distanční pleteniny, kde  $el_1$ ,  $el_2$  - externí vrstvy,  $il$  - vnitřní distanční vrstva,  $R_R$  - řádky ve směru  $r$  - osy,  $R_K$  - sloupky ve směru  $k$  - osy,  $g_i$  - distance pleteniny. [9]



*Obrázek 8 Třívrstvá 3D distanční pletenina [9]*

Distanční úplety jsou jedním z typů 3D textilií s trojrozměrnou architekturou. Upoutaly v posledních letech svou objemovostí, unikátními fyzikálními vlastnostmi a speciální strukturou, tím se staly ideální pro množství funkčních aplikací. Tyto textilie našly velmi rychle uplatnění v oblastech, kde dříve dominovaly textilie tkané. Distanční pleteniny mají velice dobrou zotavovací schopnost. Není-li působící tlakovou silou překročena mez kluzu materiálu distanční vrstvy, jsou deformace vždy elastické.

Princip výroby distančních pletenin, při kterém je zapotřebí dvoulůžkového stroje, je v tom, že se vyrobí dvě jednolící pleteniny (každá na jednom jehelním lůžku, případně válci a talíři u okrouhlých strojů) a spojují se kladením nití na okrajích obou pletenin tak, že se klade střídavě na obě vnější vrstvy. Tímto způsobem se spojí okraje obou jednolících pletenin a vznikne distanční pletenina. Při výrobě klade střední monofilová vrstva určitý odpor, který je ovlivněn jemností stroje, vazbou a celkovou distancí pleteniny. [14]

Distanční pleteniny se vyznačují podstatně větší tloušťkou než klasické plošné textilie. Externí vrstvy jsou tvořeny nezávislými očkami dvou vnějších textilií spojených dohromady a zároveň držených odděleně vsunutými vláknitými materiály. Obvykle monofilními nitěmi, ale i multifilamentními přízemi. To vytváří větraný prostor mezi dvěma pletenými povrchy. Tloušťky běžně v rozsahu 1,5 až 60 mm umožňují únik tepla a vlhkosti nebo naopak dodávají tepelně izolační vlastnosti. Distanční textilie jsou prodyšné, pružné, elastické a měkké. Jsou nabízeny na trhu v různých konstrukcích, hmotnostech, barvách a texturách. Mohou být doplněny dalšími vlastnostmi zahrnujícími antimikrobiální, antiplísňové, antistatické úpravy, sníženou hořlavost, zlepšenou absorpci vlhkosti nebo naopak vodoodpudivost a odolnost proti oděru. [10][17]

Výroba těchto pletenin se řídí vlastnostmi požadovanými zákazníkem a také jejím následným využitím.

Mimo jiné mohou být distanční pleteniny také pětivrstvé. V tomto případě máme dvě vnitřní vrstvy, které lze charakterizovat různými tloušťkami, proměnou vláknitou hustotou ve vrstvách, tak i prostorovou strukturou oček.[9]

V současnosti je technologie pletení distančních textilií ještě stále ve stavu rozvoje, kdy jsou zjišťovány potenciální možnosti, dosažitelné vlastnosti a především vyhledávány vhodné aplikace pro tento mladý typ výrobku. Řada výzkumných pracovišť se zabývá studiem kontaktu pokožky s distančními textiliemi v oděvních výrobcích, především pro zdravotnictví, sportovní použití a v aplikacích do spodního prádla, schopností zadržet nebo transportovat teplo, absorbovat a distribuovat vlhkost, vysychat atd. [10]

Aby bylo možné vyrábět vnější vrstvy distanční pleteniny, jsou nejběžněji používány syntetické příze, ale mohou být použity i příze z přírodních materiálů. V případě technických produktů je vnitřní vrstva postavena z polyamidových nebo

polyesterových monofilů, jejichž jemnost se ve většině případů pohybuje v rozmezí od 22 do 87 dtex. [10] [17]

Pletené distanční textilie mohou být vyráběny na třech typech pletacích strojů:

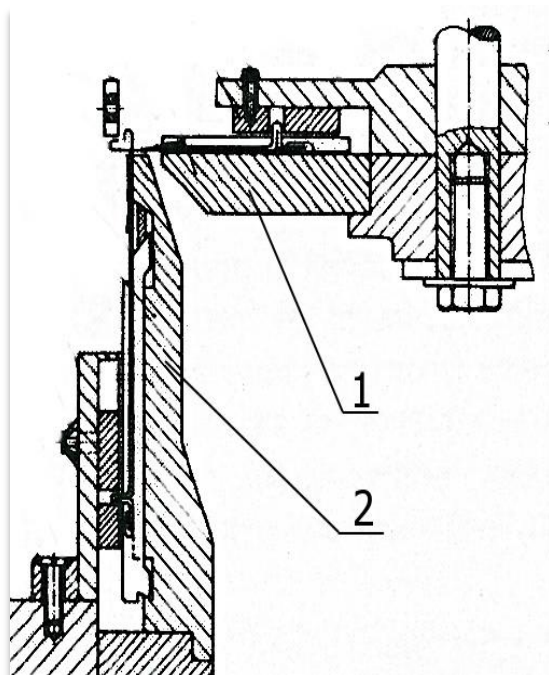
- Plochých pletacích (V-bed) strojích pro zátažné pletení tvarových struktur nebo sendvičových konstrukcí.
- Rašlových dvoulůžkových osnovních pletacích strojích, které pracují na principu technologie pletení s dvěma řadami jehel. Velikost mezery mezi dvěma textilními povrchy a tuhost konečné textilie jsou určovány volbou příze a seřízením pletacích strojů.
- Okrouhlých dvoulůžkových pletacích strojích. [17]

### 1.3.1 Zátažné distanční pleteniny

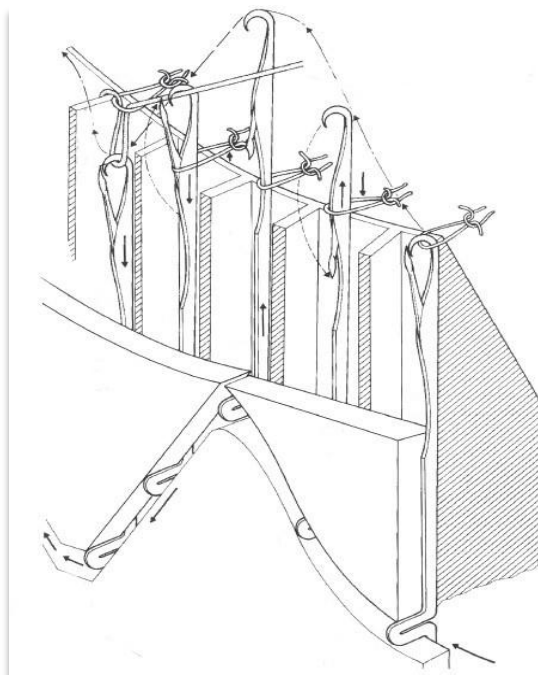
Pouze desetina vyrobených distančních pletenin je vyrobena zátažnou pletařskou technologií. Většina takto pletených textilií je vyráběna na dvoulůžkových okrouhlých pletacích strojích. Velikost distance mezi povrchovými vrstvami distančního úpletu je dána hlavně konstrukcí pletacího stroje a nastavením výšky jehelního talíře od jehelního válce. Na obrázku, viz *Obrázek 9*, je znázorněn řez pracovním ústrojím okrouhlého pletacího stroje, kde 2 odkazuje na válcové jehlové lůžko a 1 odkazuje na talířové lůžko, jejímž posunem nahoru a dolů, pomocí středového šroubu, se nastavuje distance pleteniny. Distanci je tak možné obvykle měnit v rozmezí 1,5 až 5,5 mm, v praxi je možné dosáhnout maximální distanci 4,5 mm. Systémem elektronického výběru jehel je možné zajistit rozmanitost vzorování povrchu. *Obrázek 10* ukazuje pohyb jehel v jehelním lůžku. V horní části jsou zobrazeny polohy jehly při tvorbě smyčky, ve spodní části dráha kolének jehel v zámku.

Všechny používané techniky zátažného pletení distančních textilií používají alespoň tři různé typy příze: přízi pro pletení na jehlách válce, pro jehly talíře a distanční přízi, kterou je obvykle monofilní příze pro spojení povrchových vrstev.

Vzdálenost mezi dvěma povrchovými vrstvami může být ovlivňována nastavením výšky talířového lůžka, což v konečném důsledku určuje také množství příze vložené mezi dvě povrchové textilie. *Obrázek 11* představuje schéma zátažné osnovní pleteniny, kde 1 a 2 znázorňují vnější vrstvy a 3 společně s 4 představují monofil.

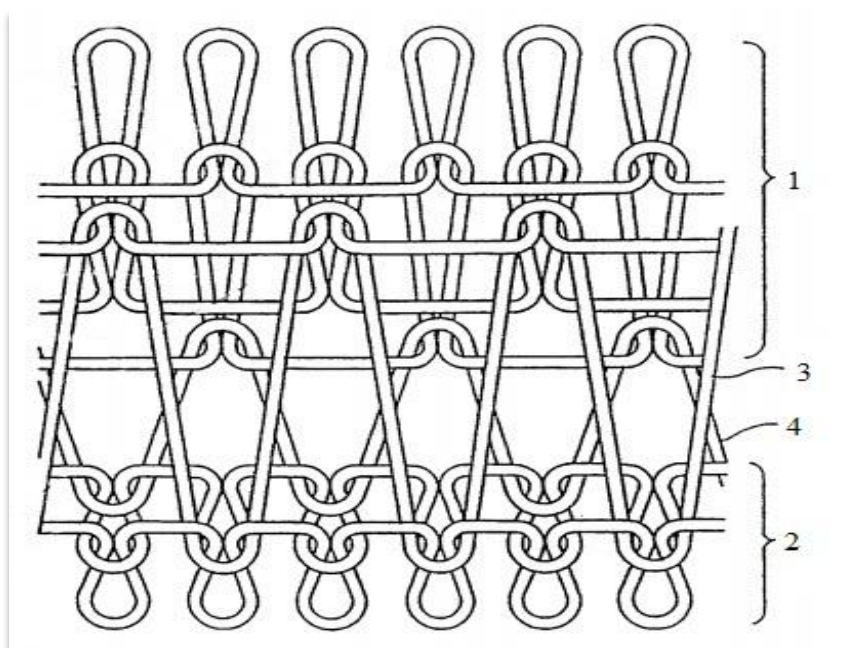


Obrázek 9 Řez pracovním ústrojím  
okrouhlého pletacího stroje [1]

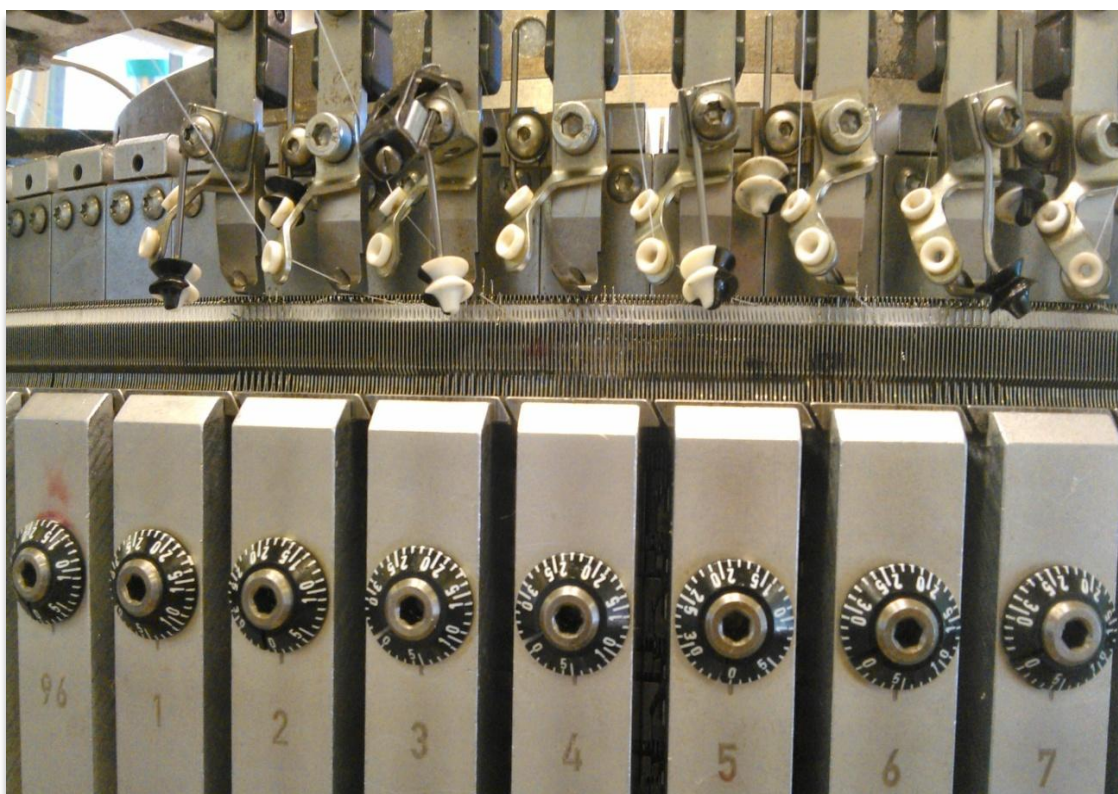


Obrázek 10 Tvorba zátažné pleteniny [15]

Firma Sintex a.s. využívá k výrobě okrouhlé pletací stroje. Postup výroby zátažné distanční pleteniny za pomoci 6-ti systémů pro výrobu jednoho řádku spočívá v tvoření distanční vrstvy systémů 1 a 4, v systémech 2 a 4 je tvořena vnější vrstva talířem a v systémech 3 a 6 je tvořena vnější vrstva válcem, viz Obrázek 12. [10][17]



Obrázek 11 Schéma 3D zátažné pleteniny [11]

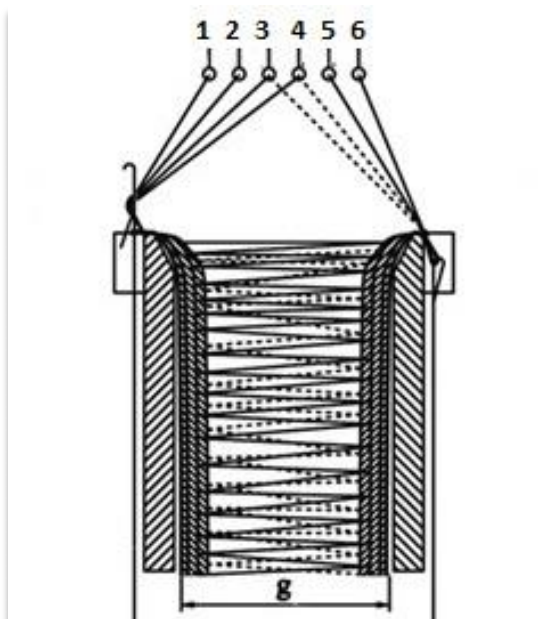


*Obrázek 12 Mayer & Cie - OV 3.2 QC 28E30, foto pořízeno v Sintex a.s.*

### 1.3.2 Osnovní distanční pleteniny

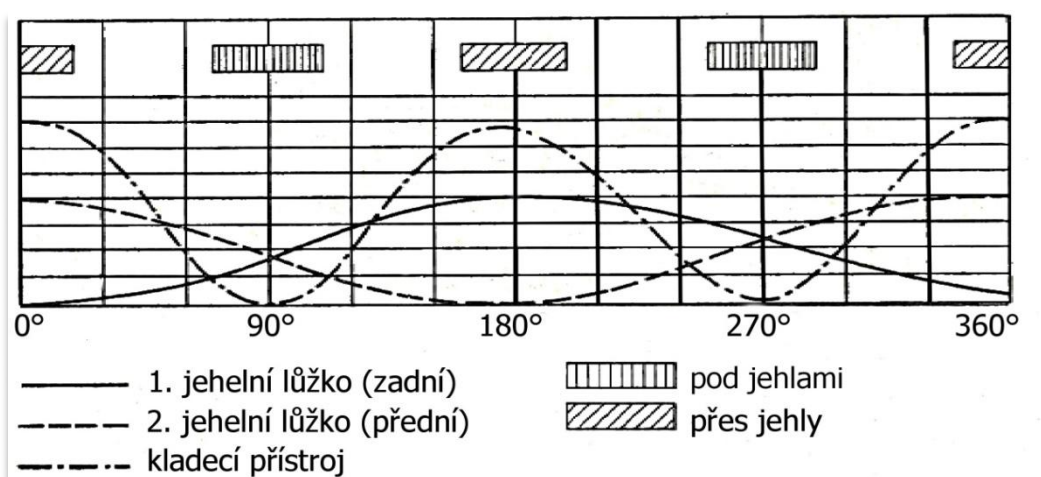
Distanční pleteniny jsou vyráběny především osnovní technologií. Tato technologie přináší při použití rašlových stojů vyšší výkonnost a pracovní rychlost (avšak oproti běžným osnovním pleteninám je pracovní rychlost nejméně 2x pomalejší, protože za dva pracovní cykly je upleten jeden řádek, nejprve na přední a poté na zadní vnější vrstvu), větší rozestup lůžek, větší možnosti vzorování a úpravu úhlů kladení monofilů. *Obrázek 13* znázorňuje pracovní ústrojí dvoulůžkového osnovního rašlu se šesti kladecími přístroji. Vzdálenost  $g$  představuje maximální možnou distanci výsledné pleteniny. Tato vzdálenost je omezena konstrukcí stroje, dále ji ovlivňuje vazba použitá v pletenině, v jaké šířce bude úplet natahován a následně fixován. V praxi se používá maximální distance 65 mm. Běžně se pletou pleteniny s distancí 10 mm a 20 mm. Důvodem je poměrně velký výkyv kladecích přístrojů mezi jehlami, což má za následek snižování výkonu stroje a velkou spotřebu energie a množství zpracovávaného materiálu. Pro zrychlení pracovního procesu zahajuje druhé lůžko pohyb ještě před dokončením pohybu prvního lůžka, viz *Obrázek 14*.



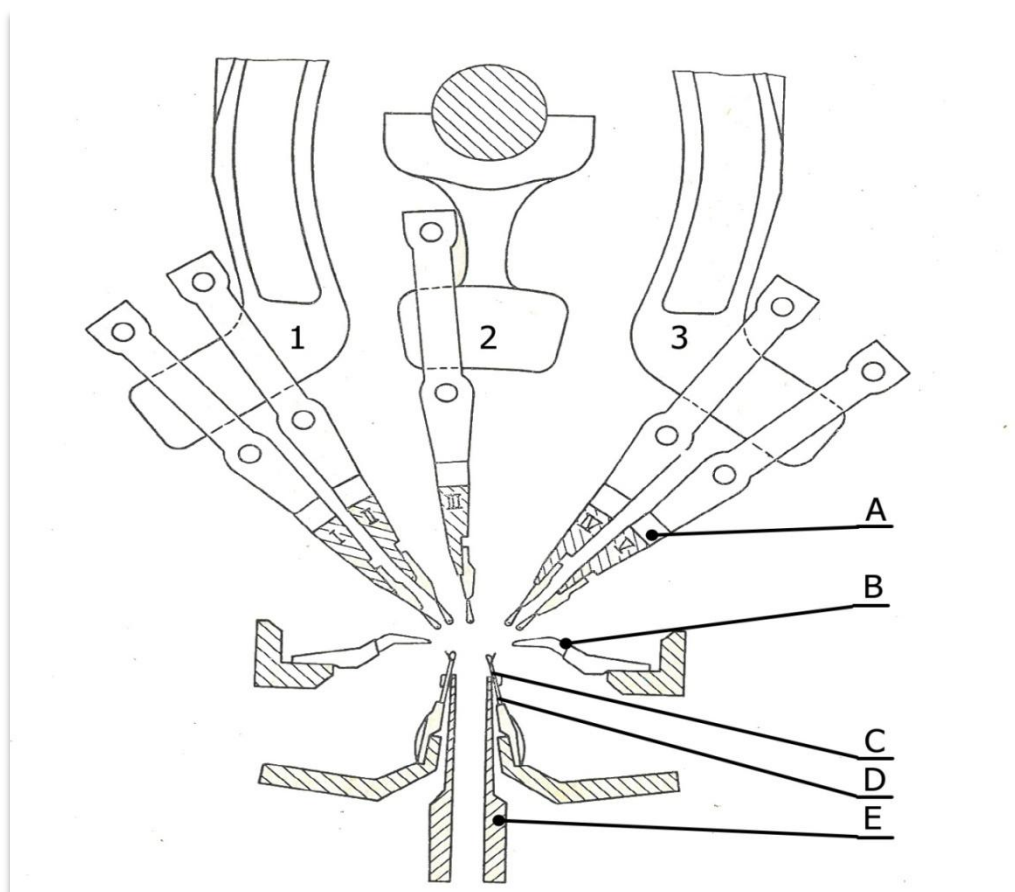


Obrázek 13 3D osnovní pletenina [9]

Konstrukce těchto pletenin se provádí tímto způsobem: minimálně jeden kladecí přístroj provádí kladení na předním lůžku a minimálně jeden klade na zadním lůžku. Pro vazbu je používáno více kladecích přístrojů různým způsobem kladení (přímé, střídavé, postupné, kladení pouze pod jehly, protisměrné, stejnosměrné). Na *obrázku 13* kladou na přední lůžko 1. a 2. a na zadní 5. a 6. kladecí přístroj. Tím vznikají dvě oddělené jednolící pleteniny. Aby vznikla distanční vrstva, zbylé dva kladecí přístroje kladou monofilovou vrstvu střídavě na obě lůžka a tím spojují obě jednolící vrstvy.



Obrázek 14 Pohybový diagram pracovních prvků u rašlů [14]



Obrázek 15 Pracovní prvky dvoulůžkového rašlu [14]

Schéma pracovního ústrojí rašlového stroje s pěti kladecími přístroji, viz Obrázek 15, kde A (1, 2, 3) jsou kladecí přístroje, B uzavírací hřeben, C srážecí drát, D jazýčková jehla a E odhozový hřeben.

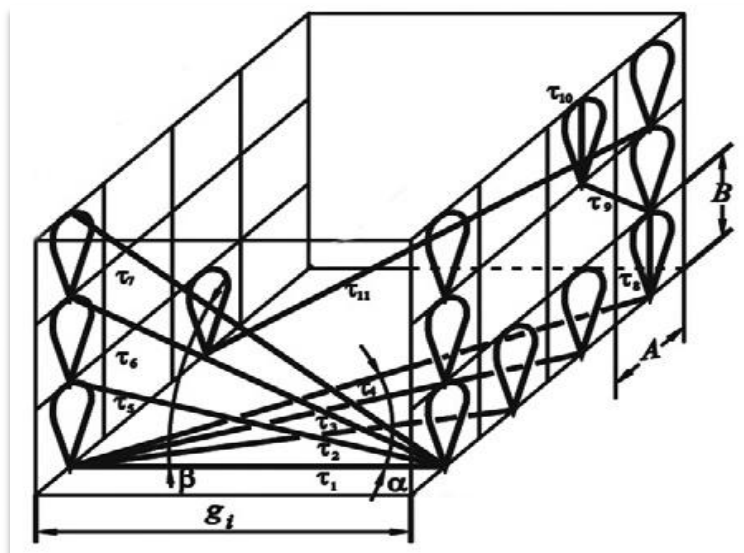
Osnovní oboulícní distanční pletenina se zhotovuje pomocí základních druhů vazeb. Pro zhotovení distanční základní osnovní oboulícní pleteniny je zapotřebí nejméně tři kladecích přístrojů, avšak pro celkový vzhled a dobré vlastnosti pletenin se používá šest kladecích přístrojů. Pro lícní strany se používají vazby s kombinací řetízku a kladení pouze pod jehlami, které vytváří vazbu bez otvorů. Dále se používá kladení řetízku a kladení pouze pod jehlami se spojením sloupků pouze v určitých místech nebo kombinaci přímého a střídavého kladení vyztužené kladením pouze pod jehlami. U distanční vrstvy pro spojení dvou krajních vrstev se využívá kladení pouze pod jehlami nebo se provazují očky. Ve větší míře se používá provazování očky, protože to zajišťuje větší tvarovou stálost. Mezi zapleteným monofilem a vnějšími vrstvami vzniká dostatečně velké tření, které zamezí posuvu monofilu po namáhání pleteniny. [14][15]

Ve vnitřní vrstvě je několik způsobů pod jakým úhlem vést monofilamentový spoj. Hodnota úhlu  $\alpha$  závisí na posuvu kladecích zařízení vůči protějšnému lůžku, od kterého je pohyb veden. Hodnota úhlu  $\beta$  závisí na způsobu kladení kladecích přístrojů střední vrstvy. Pro představu je uvedeno schéma, viz *Obrázek 16*, kde  $g_i$  představuje tloušťku pleteniny,  $A, B$  rozměry oka,  $\alpha, \beta$  úhly monofilů,  $m$  počet řádků a  $\tau_i$  monofily. Mohou být rozlišeny následující případy:

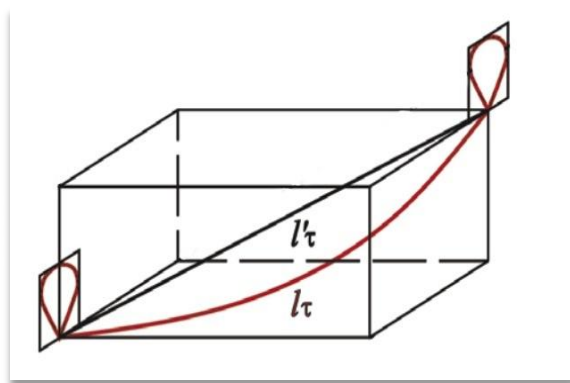
- Kladecí zařízení klade monofil na obě lůžka, úhel  $\beta = 0^\circ$ , kde je pohyb realizován od přední strany k zadní straně pleteniny, nebo dle (10), kdy je pohyb realizován zezadu dopředu.
- Když je spoj vnitřní vrstvy uspořádán zároveň s jednou vnější vrstvou pleteniny  $\beta = 90^\circ$
- Varianta, ve které je největší možnost měnit hodnotu úhlu dle (11) a kde není monofil kladen každý řádek, je v rozmezí úhlu  $0^\circ < \beta < 90^\circ$ . [9]

$$\beta = \arctg \frac{B}{g_i}. \quad (10)$$

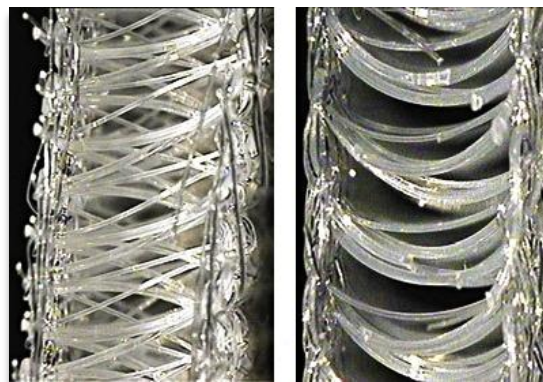
$$\beta = \arctg \frac{m \cdot B}{g_i}. \quad (11)$$



*Obrázek 16 Možnosti rozložení oček vnitřní vrstvy [9]*

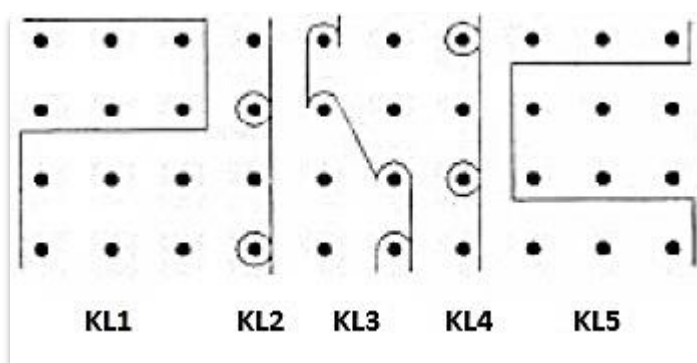


Obrázek 17 Schéma monofilu [9]



Obrázek 18 Průřez 3D pleteninou [9]

Skutečný spoj je tvořen obloukem nebo dokonce šroubovicí, viz *Obrázek 17*, kde  $l'_\tau$  znázorňuje tětivu monofilu a  $l_\tau$  skutečný tvar monofilu. Tvar je způsoben silami, které vznikají ve smyčkách pleteniny stejně jako v monofilové vrstvě. Ve fázi návrhu je těžké určit stupeň deformace, proto je pro popsání vnitřní struktury jednodušší použít tětivu délky (úsečka spojující vazné body na vnějších vrstvách). Pro lepší představu monofilové vrstvy je přidán *Obrázek 18*, kde vlevo je zobrazen řez podél řádků a vpravo podél sloupků. [9]

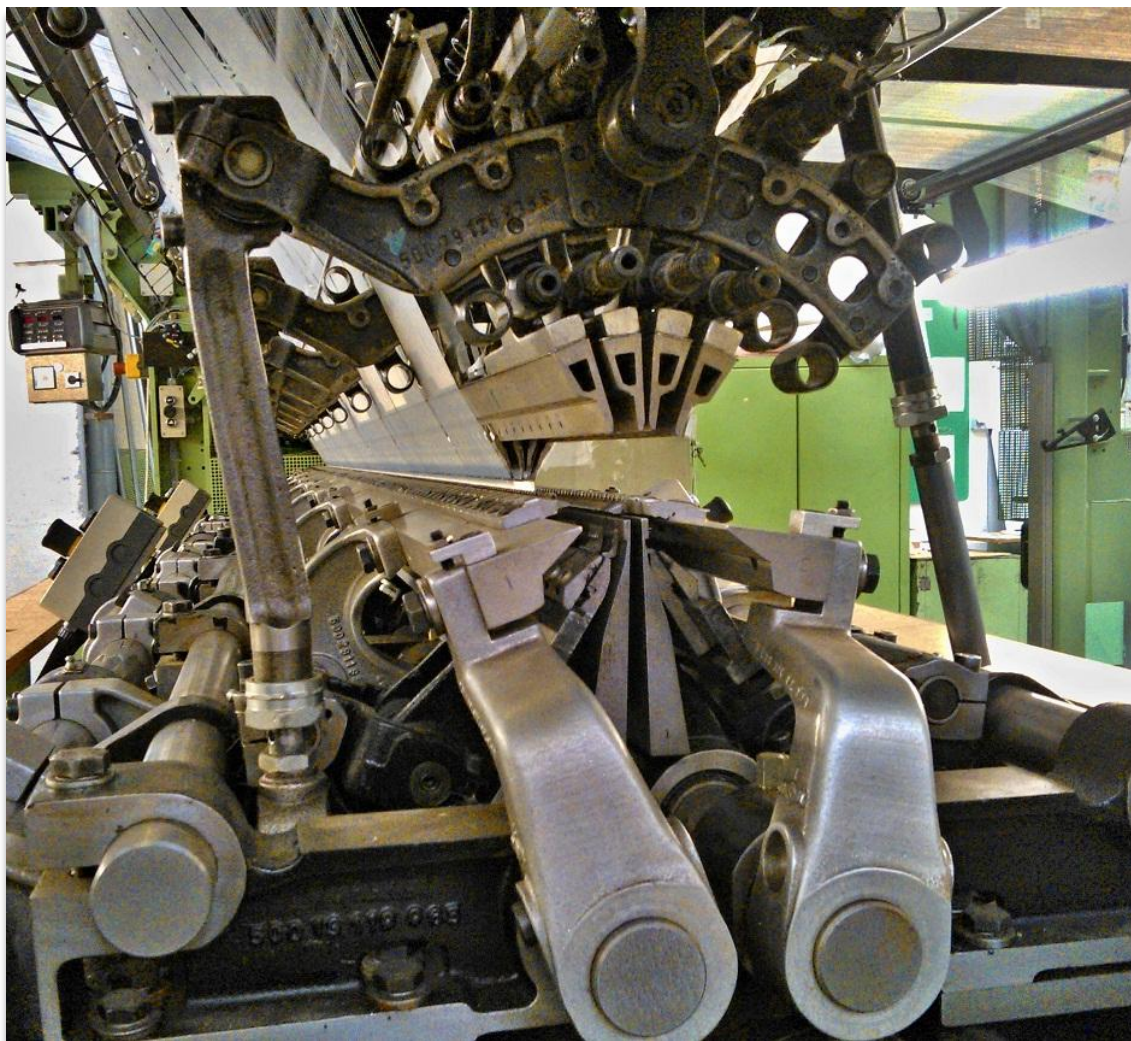


Obrázek 19 Ukázka možnosti kladení vazeb při použití 5-ti kladecích přístrojů [16]

Možnost kladení vazeb při použití 5-ti kladecích přístrojů je zobrazen na obrázku, viz *Obrázek 19*, kde KL1 a KL5 kladou pouze pod jehlami pro vytvoření hlavní struktury, KL2 a KL4 kladou uzavřené řetízky pro větší stabilitu vnějších vrstev a KL3 má konstrukční účinek, protože klade monofil tvořící distanční vrstvu střídavě do obou lůžek pletacího stroje. [16]



Firma Tylex Letovice a.s. využívá osnovní rašlové stroje se čtyřmi kladecími zařízeními, viz *Obrázek 20*.

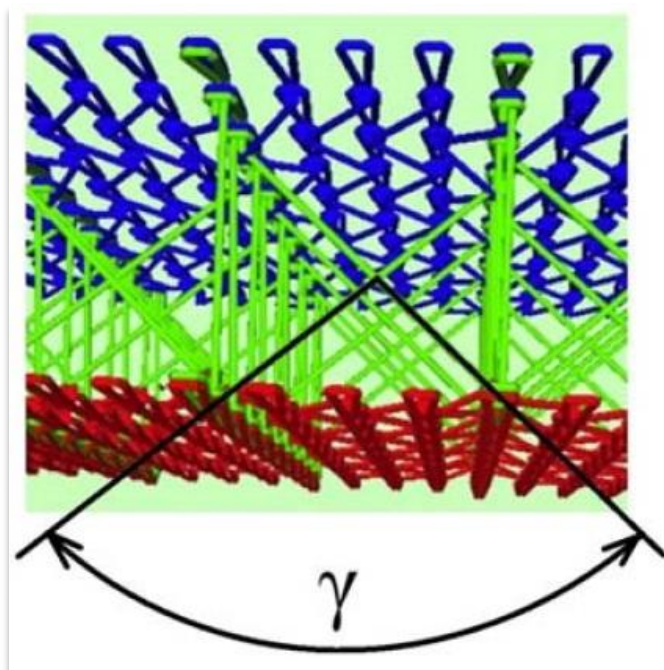


*Obrázek 20 LIBA DG507, foto pořízeno v Tylex Letovice a.s.*

### **1.3.3 Chování distanční pleteniny při tlaku**

Pleteniny patří do skupiny plošných textilií, u kterých je velkým problémem přesně definovat výchozí stav. Pletenina se snadno deformuje a její struktura je nestálá. Osnovní technologie oproti zátažné má více kladů ve smyslu variability vazebných prvků, vzorování a dosažení potřebné tloušťky. Mohou se zpracovávat i tužší materiály. Výkonnost je taktéž poměrně vyšší, jehly jsou samostatně nepohyblivé a řádek se plete na všech jehlách naráz. Vzhledem k tomu, že kladení monofilu je realizováno dvěma kladecími přístroji, které kladou vazbu symetricky protisměrně, lze úhel  $\gamma$  křížení měřit

vůči sobě a nemusí být měřen úhel, který je svírán monofilem a jednolící pleteninou, zobrazení úhlu je uvedeno na obrázku, viz *Obrázek 21*. Protisměrné kladení zajišťuje nejen potřebnou distanci vnějších vrstev, ale hlavně stabilitu 3D struktury. [22]



*Obrázek 21 Pohled na křížení monofilů v 3D osnovní pletenině. [22]*

František Vančura, který se touto problematikou zabýval, tvrdí, že nelze definovat, který úhel je nejvhodnější z hlediska stlačitelnosti. Výsledek provedených experimentů neprokázal souvislost mezi odolností vůči stlačení a rostoucím úhlem  $\gamma$ . Pokud by se překročil mezní úhel, hrozí posuv jednotlivých jednolícnic pletenin vůči sobě při stlačení a struktura se může zborit jedním nebo druhým směrem, to by znamenalo změnu vlastností pleteniny. [22]

## 2 Experimentální část

Cílem experimentální části této práce bylo nalézt vhodnou kombinaci vybraných vzorků 3D pletenin tak, aby působící tlak vyvíjený probandem v klidové pozici při ležení byl co možno nejnižší a zároveň rovnoměrně rozložen. Výsledky těchto měření jsou zpravidla využívány výrobci matrací, kteří navrhují skladbu jednotlivých vrstev pro zdravotnické účely, především jakožto prevenci vzniku možných proleženin (dekubitů). Bylo použito měřicí zařízení X3 PX, jehož výrobcem je společnost XSENSOR<sup>®</sup> Technology Corporation, vzorky pletenin poskytly společnosti SINTEX, a.s. a TYLEX Letovice, a.s.

### 2.1 Dekubitus

Dekubity patří mezi hlavní ukazatele kvality léčebné a ošetrovatelské péče. Prevalence dekubitů je 2 – 4 % hospitalizovaných, 10 – 20 % u nemocných v dlouhodobé péči. U osob s rizikovými faktory se dekubitus může vytvořit již v průběhu několika hodin. Mortalita pacientů, u kterých se proleženiny vyskytly, je vysoká (30 – 50%). Příčinou úmrtí je obvykle závažné onemocnění, méně často komplikace dekubitů (sepsy). [23][24]

Jedná se o lokalizovanou oblast buněčného poškození způsobené poruchou mikrocirkulace, dochází k hypoxii (nedostatek kyslíku ve tkáních). Tudiž nedostatečné prokrvení z důvodu stlačení měkkých tkání mezi kostí a podložkou. Faktorů ovlivňujících vznik je několik. [24][25]

**Do celkových faktorů zvyšujících možnost vzniku dekubitů lze zahrnout:**

- Mobilita – nepohyblivost lidského těla ovlivňuje změnu rozložení působícího tlaku.
- Nemoci – choroby ovlivňující prokrvení a vyživování predilekčních míst.
- Věk – s přibývajícím věkem ubývá elasticity a samotné regenerace tkání.
- Pohlaví – je prokázáno, že ženy bývají náchylnější na vznik dekubitů než muži.
- Výživa – při nedostatečné výživě a úbytku podkožního vaziva.
- Tělesná teplota – vyšší teplota vede ke zvýšené spotřebě O<sub>2</sub>.

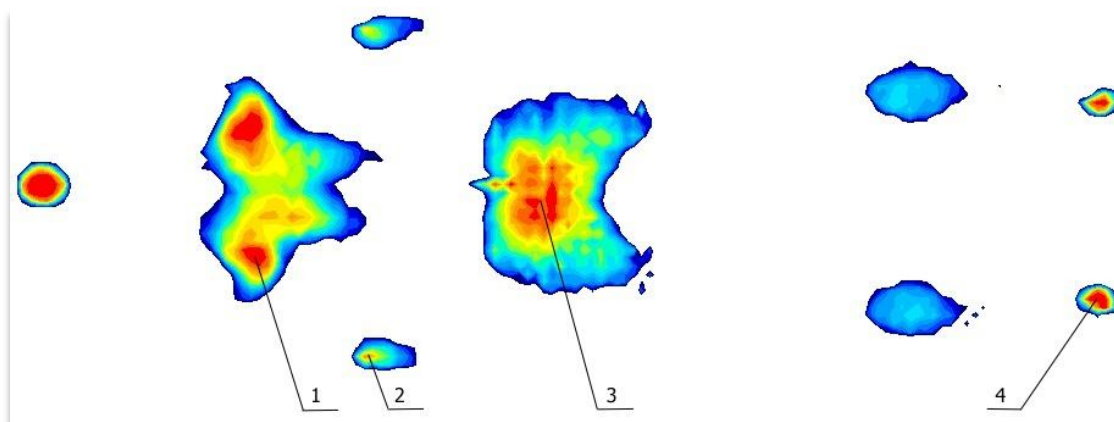
**Mezi lokální faktory se uvádí:**

- Tlak.
- Tření – např. odírání o prostěradlo, kde dochází k mechanickému poškození.
- Střížná síla – kombinace obou výše uvedených.
- Vlhkost – vede k merceraci (měknutí působením tekutiny).

Jednou z příčin vzniku dekubitů je trvalý tlak působící na tkáň přesahující normální krevní tlak v kapilárách. Intenzita tlaku na arteriálním konci je 32 mmHg (4,27 kPa) a na venózním konci 15 mmHg (2,00 kPa). Převýšení tlaku 32 mmHg vede k přerušení cirkulace a vzniku ischemické nekrózy. Důležitější je doba, po kterou tlak působí, než absolutní výše tlaku, záleží na mnoha dalších parametrech. Ohrožená místa vzniku jsou označována jako predilekční místa, nacházející se v místech, kde je kost v blízkosti pod povrchem. *Obrázek 22* vyobrazuje hlavní oblasti výskytu dekubitů v poloze na zádech, hřebeny lopatek (1) a někdy i trny hrudních obratlů, loketní klouby (2), oblast kosti křížové (3), paty (4), ještě je uváděn trn 7. krčního obratle. Pro zjednodušení lze uvést, že:

- Tlak větší než 15 mmHg – převyší kapilární tlak a vede k edému tkáně.
- Tlak větší než 32 mmHg - převyší arteriální kapilární tlak a vede ke tkáňové anoxii.
- Tlak větší než 62 mmHg - trvajících déle než 2 hodiny vyvolá tkáňovou nekrózu.

Je nutné dodat, že pro komplexní zhodnocení příčin je třeba uvažovat se všemi ovlivňujícími faktory uvedenými výše. [24][25]



*Obrázek 22 Oblasti výskytu dekubitů v poloze na zádech*



## 2.2 Použité zařízení pro snímání tlaku

Popisované zařízení je navrženo přímo pro měření kontaktního tlaku mezi fyziologickou zátěží a matrací. Zkoumá se, jak je efektivně hmota lidského těla rozložena do plochy podložky a zda nejsou překračovány limity kontaktního tlaku. Pro tyto účely bylo kanadskou firmou XSENSOR® Technology Corporation vyvinuto zařízení X-Sensor®. Víceúčelový propracovaný systém používaný ve zdravotnictví nachází své využití a aplikace i v automobilovém průmyslu. Používá se k měření kontaktního tlaku v autosedačkách, ale i při testování pneumatik. U pneumatik je zjišťována kontaktní plocha, zda dezén má předepsanou šíři, zda adhezní síla je rovnoměrně rozložena po celé stykové ploše nebo jaký je potřeba tlak na plnohodnotné nahuštění pneumatik, aby nevznikal valivý odpor v důsledku podhuštění anebo aby nebyly přehuštěny, což snižuje životnost a zhoršuje jízdní vlastnosti v důsledku vysokého vnitřního tlaku. [26]

X-Sensor® řady PX100 jsou tzv. sedačkové a lůžkové senzory, plošné útvary opatřené jednotlivými senzory. Pro měření byl použit senzor X3 PX100:64.160.02. Parametry zařízení jsou uvedeny v tabulce, viz *Tabulka 1*. [27]

*Tabulka 1 Parametry použitého zařízení [27]*

X3 PX100:64.160.02	
Rozsah měřeného tlaku	10 - 200 mmHg
Rozměry podložky	39" x 87" (99,06 cm x 220,98 cm)
Rozměry měřicí plochy	32" x 80" (81,28 cm x 203,20 cm)
Počet senzorů (polí)	10240
Prostorové rozlišení*	0,5" (1,27 cm)
Přesnost**	± 10 %
Tloušťka nestlačené měřicí plochy	0,04" (1 mm)
Tloušťka stlačené měřicí plochy	0,03" (0,81 mm)

\*velikost jednoho pixelu plochy, kde je umístěn jeden senzor

\*\*z měřené škály

Jedním z požadavků je, aby měřicí zařízení svou přítomností mezi zátěží a podložkou neovlivnilo měřené hodnoty. Tím spíše, používají-li se snadno deformovatelné materiály, mezi které distanční 3D pleteniny patří. Zařízení pracuje na kapacitním principu, tzn., že tlakové namáhání způsobuje změnu dielektrické konstanty

mezi elektrodami, která je dle kalibrace převede na hodnotu tlaku. Podle výrobce jsou elektrody realizovány napříč přeloženými vrstvami s plochými vodiči ze stříbra. Vložený elastomer zajišťuje potřebnou nevodivou separaci elektrod. Zařízení má vysokou splývavost a zanedbatelnou tažnost. Zařízení se ovšem stane další vrstvou v měřené skladbě materiálů. Vzhledem k zanedbatelné tloušťce zařízení bude docházet k ovlivňování hodnot kontaktního tlaku. [27] [28]

### 2.2.1 Jednotky tlaku

Tlak je fyzikální veličina, obvykle označována  $p$ . Vyjadřuje poměr velikosti síly  $F$ , působící kolmo na rovinnou plochu a rovnoměrně rozloženou na této ploše, a obsahu plochy  $S$ , viz vztah (12). Základní mezinárodní jednotkou tlaku je pascal (Pa). Jednotka je odvozená ze soustavy SI, dle vztahu (13).

Výpočetní vztah pro tlak

$$p = \frac{F}{S} [\text{Pa}] \quad (12)$$

kde

$p$	- tlak [Pa]
$F$	- síla [N]
$S$	- plocha [ $\text{m}^2$ ]

Odvození pascalu

$$\text{Pa} = \frac{N}{\text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{ms}^2} \quad (13)$$

kde

$\text{Pa}$	- pascal
$N$	- newton
$m$	- metr
$\text{kg}$	- kilogram
$s$	- sekunda

V této práci se pracuje především s jednotkou užívanou v dnešní době už jen výhradně ve zdravotnictví, např. u rtuťových barometrů při měření krevního tlaku. Jedná se o *torr*, milimetr rtuťového sloupce (*mmHg*), který vyjadřuje tlak vyvinutý  $1 \text{ dm}^3$  rtuti na plochu  $1 \text{ m}^2$ . Přesný převod hodnoty v torrech na hodnotu v pascalech je dán definicí standardní atmosféry. Vztah mezi oběma jednotkami lze také odvodit z výpočtu hydrostatického tlaku, jak je uvedeno ve vztahu (14).

Odvození vztahu mezi torrem a pascalem pomocí výpočtu hydrostatického tlaku

$$p = h\rho g = 10^{-3} \cdot 13595,14 \cdot 9,81 = 133,32 \quad (14)$$

kde	$p$	- tlak [Pa]
	$h$	- sloupec rtuti [m]
	$\rho$	- hustota rtuti [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
	$g$	- tíhové zrychlení [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ]

V praxi je možné se setkat ještě s dalšími používanými jednotkami, nejčastěji se vyskytují:

- Atmosféra – [Atm] =  $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2} = 98066 \text{ Pa}$ , zastaralá jednotka tlaku, nepatřící do soustavy jednotek SI.
- Bar – [Bar] =  $100\,000 \text{ Pa}$ , vedlejší jednotka tlaku, používaná pro názornost v průmyslu, protože přibližně odpovídá tlaku jedné atmosféry.
- Libra na čtvereční palec – [PSI] =  $6894,8 \text{ Pa}$  – *pound per square inch*, nejčastěji používaná jednotka pro měření tlaku v angloamerických zemích.

## 2.3 Použité vzorky

V experimentu byly použity dvě různé 3D pleteniny. Pleteniny mají rozdílné distance a jsou vyrobeny rozdílnou technologií. Pro měření nebylo použito více vzorků z důvodu obrovské různorodosti jednotlivých pletenin (nepřeborné množství vazeb v kombinaci s různými druhy materiálů, jemností a distancí). Pro účely experimentu stačilo vybrat dva reprezentativní vzorky od každé výrobní technologie.

### 2.3.1 Stretch 500 MC21 vzor D0030\_02

Distanční osnovní obouliční pletenina vyrobena v Tylex Letovice a.s, v této práci bude z důvodu zkrácení označována pouze MC21. K výrobě byl použit osnovní pletařský stroj LIBA DG 506-30 DPLM. Pletenina má vazbu s otevřenou strukturou, s tzv. filetovými otvory. Osnovní stroje ve firmě Tylex používají vzorování pomocí váček, což taktéž výrazně ovlivňuje variabilitu vyráběných vazeb. Technické parametry pleteniny jsou uvedeny v tabulce (viz *Tabulka 2*, kap. 2.3.3). Pletenina byla fixována na rámu při teplotě  $200^{\circ}\text{C}$  po dobu cca 90 sekund. Při fixaci ztratí pletenina přibližně

30% své distanční vzdálenosti. *Obrázek 23* zobrazuje celkový pohled na pleteninu. V příloze, viz *Příloha A*, jsou uvedeny snímky pleteniny z lící i rubní strany a řezy pleteniny po jejím řádku a také sloupku.

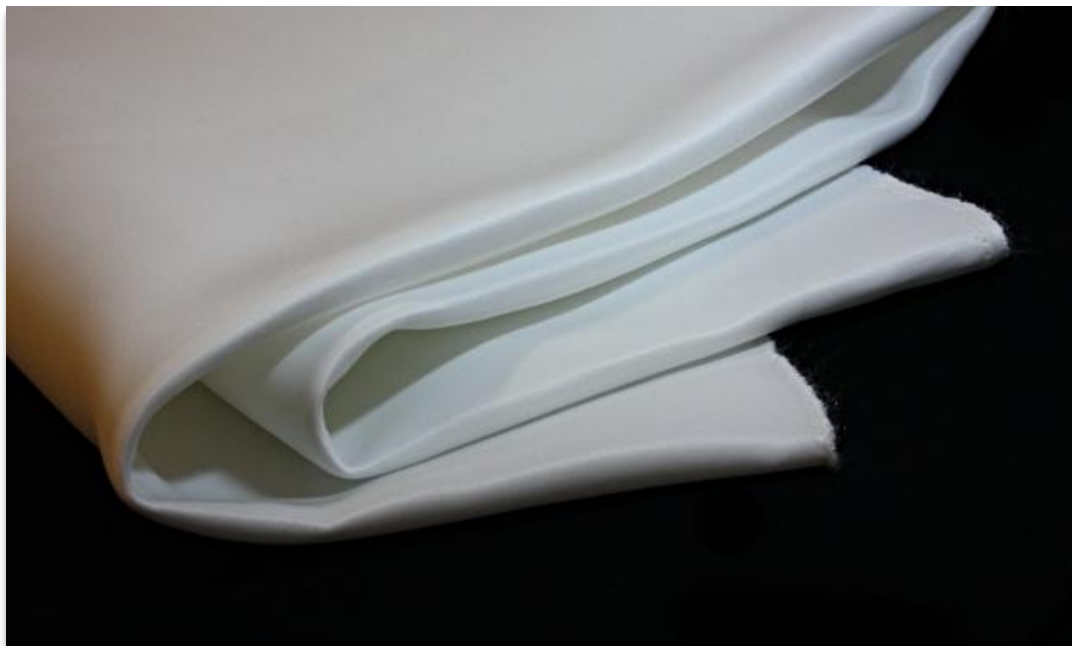


*Obrázek 23 Osnovní 3D pletenina Stretch 500 MC21 vzor D0030\_02*

### **2.3.2 3D 030A**

Distanční zátažná pletenina vyrobena v Sintex a.s. K výrobě byl použit zátažný okrouhlý pletařský stroj Mayer & Cie OV3.2 QC 28E 30. Pletenina má double-face vazbu s chytovými kličkami v rubní straně. Stroj, na kterém je pletenina vyrobena, není určen přímo pro výrobu 3D úpletů, proto neumožňuje téměř žádnou variabilitu vazeb. Pletenina byla zušlechťována praním a tepelnou fixací. Praní bylo realizováno na kontinuální prací lince Fleissner. Následně byly úplety fixovány na fixačním rámu Textima při teplotě 200°C. Ačkoliv byl pro přípravu pleteniny použit monofil se sníženou sráživostí (do 2%), ztratila pletenina téměř 1 mm ze své distance. Tento jev byl přikládán zvolenému typu pracího aparátu, kde byla pletenina v důsledku velkého průtahu natažena do délky. V současné době jsou 3D pleteniny, vyráběné v Sintex a.s., upravovány jiným technologickým postupem, tj. předfixací, praním na horizontálním aparátu a sušením na fixačním rámu. *Obrázek 24* zobrazuje celkový pohled

na pleteninu. V příloze, viz *Příloha B*, jsou uvedeny snímky pleteniny z lícní i rubní strany a řezy pleteniny po jejím řádku a také sloupku.



Obrázek 24 Zátěžná 3D pletenina 3D 030A

### 2.3.3 Technická data použitých pletenin

Tabulka 2 Technická data pletenin

	Stretch 500 MC21	3D 030A
Distance [mm]	20 ± 1	2,3
Hustota řádků [ $\text{ř} \cdot \text{cm}^{-1}$ ]	6,6	15,0
Hustota sloupků [ $\text{sl} \cdot \text{cm}^{-1}$ ]	4,7	17,0
Hustota celková [ $\text{cm}^{-2}$ ]	31,0	255,0
Plošná hm. [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ]	774	309
Objemová hm. [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]	38,7	134,3
Typ stroje	LIBA DG 506-30 DPLM	Mayer & Cie OV3.2 QC 28E 30
Jemnost stroje	12 E	28 E
Rozestup lůžek (válce a talíře) [mm]	30	3
Materiál		
Přední kladecí lůžko (válec)	PESH 500 dtex 144f	PESH 82 dtex 36f
Zadní kladecí lůžko (talíř)	PESH 500 dtex 144f	PESH 82 dtex 36f
Přední i zadní kl. lůžko (válec i talíř)	PESH 427 dtex 1f	PET 69 dtex 1f
Průměr monofilu [mm]	0,2	0,08

## 2.4 Návrh experimentu

Kontaktní tlak je měřen mezi probandem a zkoušenou podložkou, viz *Obrázek 25*. Nejedná se o měření tlaku mezi podložkou a jejím podkladem. Za probanda byl vybrán muž (hmotnost 75 kg a výška 171 cm) a žena (hmotnost 55 kg a výška 167 cm).



*Obrázek 25 Proband na měřicí podložce, ilustrační foto*

**Zkoumání vzorků bylo provedeno v různých variantách.**

- Tvrdá podložka
- Stretch 500 MC21
- Stretch 500 MC21 + PE-LD fólie
- Stretch 500 MC21 + 3D 030A
- Stretch 500 MC21 + 3D 030A + PE-LD fólie
- 3D 030A + Stretch 500 MC21
- 3D 030A + Stretch 500 MC21 + PE-LD fólie

### 2.4.1 Návrh hypotézy

V experimentu byla zohledněna hypotéza, že při zatěžování lidské tělo svou nerovností způsobuje společně se zanedbatelnou tažností XSensoru i jiné než tlakové napětí. Svěrný účinek a tahové napětí by mohlo vznikat jednak z důvodu složitého tvaru



lidského těla a jednak také neschopnosti měřicího zařízení se rozmanitému tvaru, z důvodu minimální tažnosti, přizpůsobit. Autor při řešení dané problematiky vycházel z předpokladu, že měřená veličina je zásadně ovlivněna mechanismem tření, který působí v přechodové ploše mezi probandem a měřicí podložkou, rovněž i mezi měřicí podložkou a zkoušeným materiálem. Pro potvrzení či vyvrácení této teze bylo ke každé variantě provedeno doplňující měření, při němž byla do přechodových ploch vložena krycí fólie z polyethylenu s nízkou hustotou (PE-LD) se zanedbatelnou tloušťkou a plošná měrná hmotnost fólie byla naměřena  $6,29 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , viz *Obrázek 26*. Použitím této fólie by se mělo snížit tření mezi vrstvami. Fólie dává předpoklad dosažení přesnějších výsledků měření, snížením tření v přechodových plochách a tudíž lepšímu přizpůsobení XSensoru tvarům lidského těla. Měřicí podložka byla z obou stran izolována dvěma vrstvami fólie. Teprve poté na podložku ulehl proband.



*Obrázek 26 Polyethylenová fólie s nízkou hustotou (PE-LD)*

#### **2.4.2 Průběh experimentu**

Měření bylo prováděno v klimatizovaných prostorách o teplotě  $21^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu 60%. Každý vzorek byl položen na tvrdou nepoddajnou podložku, na které byl umístěn XSensor. Měření zatížené materiálové skladby probíhalo po dobu 3,3 minuty. Pořízeno bylo 1000 snímků, což odpovídá obnovovací frekvenci 5 Hz. Pro statistické zpracování bylo použito posledních 100 snímků. Případná vybočující data, která byla způsobena pohybem probanda, byla odstraněna, aby nebylo ovlivněno vyhodnocení experimentu. Každé měření bylo opakováno a zaznamenáváno 5 krát. XSensor byl on-

line propojen s počítačem pomocí příslušného speciálního softwaru XSensor X3PROv6. Výstupem měření je nejen 2D a 3D mapa kontaktních tlaků, která zobrazuje rozložení a hodnotu kontaktních tlaků v jednotlivých částech měřicího zařízení, ale dokáže také zobrazit histogram rozložení tlaku, vrchol, nejvyšší hodnotu tlaku a průměrnou hodnotu tlaku v jednom snímku nebo v určitém intervalu snímků. *Obrázek 27* vyobrazuje zapojené zařízení XSensor s příslušenstvím připravené k provedení experimentu.



*Obrázek 27 Pohled na zařízení XSensor s příslušenstvím*

## 2.5 Výsledky a jejich diskuze

Vyvíjený tlak na podložku byl řídicí jednotkou převeden do numerických hodnot, které byly dále příslušným programem X3PROv6 statisticky zpracovány a vyhodnoceny. Pro možnosti dalšího vyhodnocení a zpřístupnění byly tyto údaje převedeny do statistického editoru MS Excel. Pro grafickou prezentaci rozložení tlaku bylo vybráno reprezentativní měření, protože není možné graficky zpracovat průměry, z důvodu nestejného umístění lidského těla na podložce. Reprezentativní 2D a 3D grafy společně se zpracovaným histogramem četností jsou přiloženy v příloze, viz *Příloha C*.



### 2.5.1 Měření bez použití fólie

Nejprve byla vyhodnocena data pletenin a jejich optimální navrstvení bez použití fólie, ukazující především reálný vliv distance, která poskytuje zvýšení účinnosti. Pro zhodnocení podložek lůžek pro prevenci a léčbu dekubitů je jedním z nejdůležitějších faktorů celková zatížená plocha a tím i průměrný stykový tlak. PU matrace využívané ve zdravotnictví vykazují dobré výsledky, avšak jejich struktura není schopná poskytnout podmínky pro úplnou eliminaci všech negativních vlivů vedoucí k dekubitům. Jedná se především o vlhkost vznikající při pocení a inkontinenci. 3D distanční pleteniny poskytují, díky své struktuře, ideální větraný prostor.

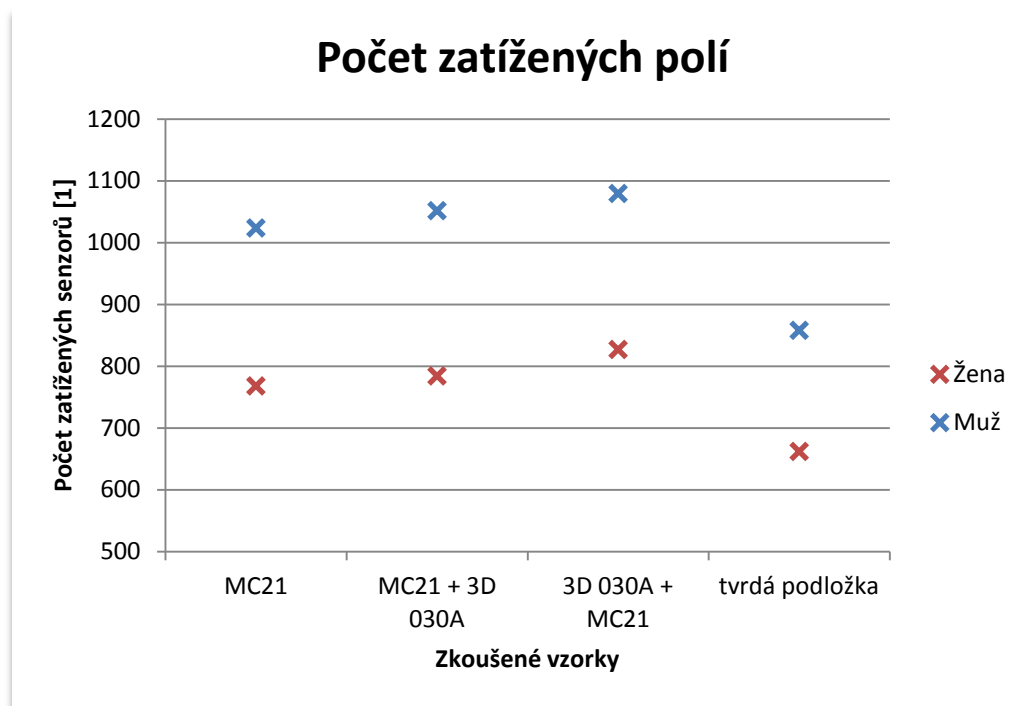
Hodnoty zatížených polí při použití různých kombinací pletenin jsou uvedeny v tabulce, viz *Tabulka 3*.

*Tabulka 3 Průměrné hodnoty zatížených polí a základní statistické údaje*

Proband	Žena			
	Tvrdá podložka	MC21	MC21 + 3D 030A	3D 030A + MC21
$\bar{x}$ počtu zatížených polí [1]	662,0	768,0	784,2	827,0
$s^2$ [1]	417,6	279,6	63,8	62,8
$s$ [1]	20,4	16,7	8,0	7,9
$v$ [%]	3,1	2,2	1,0	1,0
95% IS	17,9	14,7	7,0	6,9
Horní mez	679,9	782,7	791,2	834,0
Dolní mez	644,1	753,3	777,2	820,1

Proband	Muž			
	Tvrdá podložka	MC21	MC21 + 3D 030A	3D 030A + MC21
$\bar{x}$ počtu zatížených polí [1]	858,0	1023,6	1051,6	1079,4
$s^2$ [(1) <sup>2</sup> ]	243,2	221,8	105,0	288,6
$s$ [1]	15,6	14,9	10,2	17,0
$v$ [%]	1,8	1,5	1,0	1,6
95% IS	13,7	13,1	9,0	14,9
Horní mez	871,7	1036,7	1060,6	1094,3
Dolní mez	844,3	1010,5	1042,6	1064,5

Před měřením byl předpoklad, že zvyšování tloušťky bude mít příznivý vliv na počet zatížených polí. Tento předpoklad byl potvrzen. V grafu, viz *Obrázek 28*, si lze povšimnout zvětšující se zatížené plochy v případě přidání tenčí vrstvy umístěné pod vrstvu silnější. Zvýšení nastalo i ve složení v opačném pořadí.



*Obrázek 28 Graf počtu zatížených polí*

Průměrné hodnoty kontaktních tlaků a základní statistické údaje jsou uvedeny v tabulce, viz *Tabulka 4*.

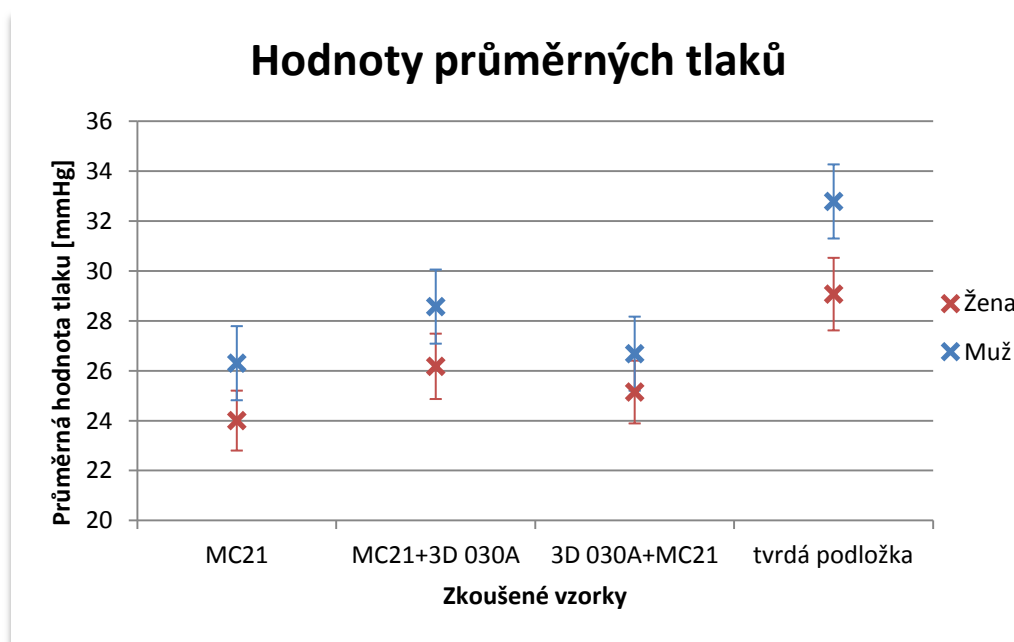
*Tabulka 4 Průměrné hodnoty kontaktních tlaků a základní statistické údaje*

Proband	Žena			
Zkoušené vzorky	Tvrdá podložka	MC21	MC21 + 3D 030A	3D 030A + MC21
$\bar{x}$ naměřeného tlaku [mmHg]	29,072	24,006	26,180	25,150
$s^2$ [(mmHg) <sup>2</sup> ]	0,216	0,152	0,284	0,079
$s$ [mmHg]	0,465	0,390	0,533	0,282
$v$ [%]	1,600	1,624	2,035	1,120
95% IS	0,408	0,342	0,467	0,247
Horní mez	29,480	24,348	26,647	25,397
Dolní mez	28,664	23,664	25,713	24,903

## Pokračování Tabulky 4

Proband	Muž			
Zkoušené vzorky	Tvrdá podložka	MC21	MC21 + 3D 030A	3D 030A + MC21
$\bar{x}$ naměřeného tlaku [mmHg]	32,784	26,306	28,572	26,686
$s^2$ [(mmHg) <sup>2</sup> ]	0,086	0,337	0,138	0,160
$s$ [mmHg]	0,293	0,581	0,372	0,400
$v$ [%]	0,893	2,207	1,302	1,498
95% IS	0,257	0,509	0,326	0,350
Horní mez	33,041	26,815	28,898	27,036
Dolní mez	32,527	25,797	28,246	26,336

Obrázek 29 představuje graf vynesných průměrných hodnot tlaků, ze kterého vyplývá, že nejnižší průměrný tlak vytváří proband na první podložce (samotná osnovní pletenina MC21), která má ovšem nejnižší počet zatížených polí. Nejhorších výsledků dosáhla v hodnocení průměrných tlaků druhá podložka (osnovní MC21 + zátažná 3D 030A), která vykazovala střední hodnoty počtu zatížených polí.



Obrázek 29 Graf hodnoty průměrných tlaků

Při vyhodnocování průměrných tlaků a zatížených polí byla zjištěna značná rozporuplnost vzhledem k hmotnosti probanda. Vzhledem k fyzikálním zákonům platí, že zvětší-li se podpurná, nosná plocha, sníží se kontaktní tlak. Pro nereálnost výsledků byl zaveden bezrozměrný koeficient, který koriguje skutečnou a naměřenou hmotnost

probanda. Získá se jako poměr hmotnosti stanovené pomocí zařízení XSensor a skutečné hmotnosti probanda, zjištěné vážením. Při jeho výpočtu je skutečná hmotnost probanda dělená naměřenou hmotností získanou z přepočtu naměřeného tlaku a zatížených polí, viz vztah (12). Poté jím je násoben naměřený průměrný tlak. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce, viz *Tabulka 5*

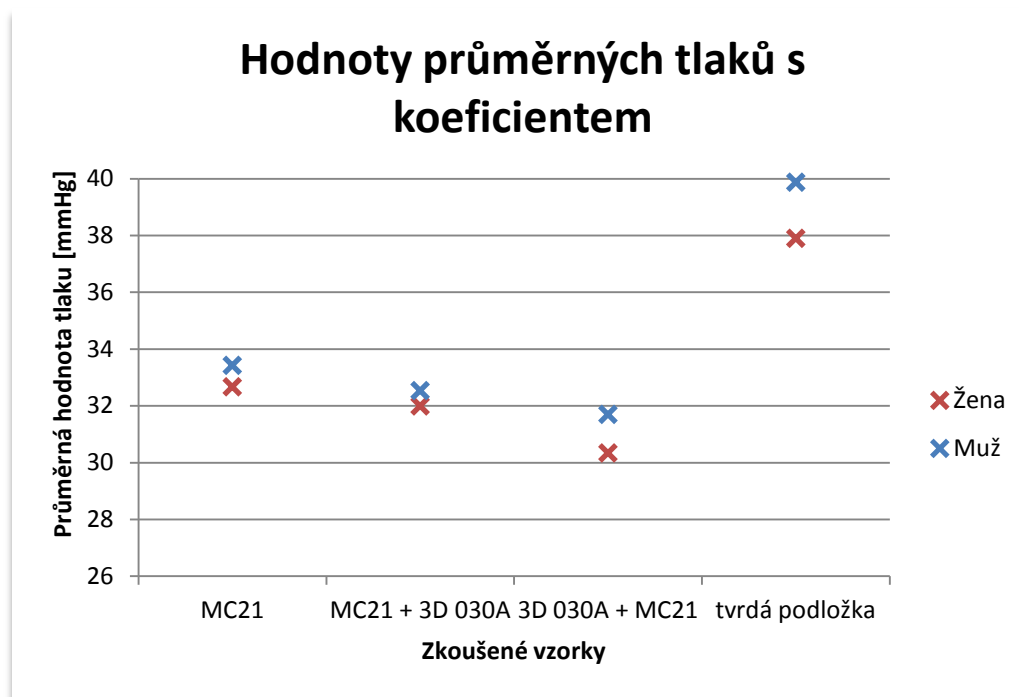
*Tabulka 5 Průměrné hodnoty kontaktních tlaků po vynásobení koeficientem*

Proband	Žena			
	tvrdá podložka	MC21	MC21 + 3D 030A	3D 030A + MC21
$\bar{x}$ naměřeného tlaku [mmHg]	29,072	24,006	26,180	25,150
Skutečná hmotnost [kg]	55	55	55	55
Naměřená hmotnost [kg]	42,189	40,416	45,005	45,594
Koeficient přepočtu hm. [1]	1,304	1,361	1,222	1,206
$\bar{x}$ tlaku po přepočtu [mmHg]	37,900	32,669	31,994	30,338

Proband	Muž			
	tvrdá podložka	MC21	MC21 + 3D 030A	3D 030A + MC21
$\bar{x}$ naměřeného tlaku [mmHg]	32,784	26,306	28,572	26,686
Skutečná hmotnost [kg]	75	75	75	75
Naměřená hmotnost [kg]	61,662	59,027	65,866	63,144
Koeficient přepočtu hm. [1]	1,216	1,271	1,139	1,188
$\bar{x}$ tlaku po přepočtu [mmHg]	39,876	33,424	32,534	31,697

Tento přepočet by měl přiblížit průměrné naměřené kontaktní tlaky skutečnému zatížení. Dostáváme hodnoty vyšší, ale zřejmě více odpovídající realitě. V grafu, viz *Obrázek 30*, jsou vyneseny hodnoty přepočítaných tlaků, z kterých lze vidět, že nejlépe rozkládá tlak podložka, ve které spodní část tvoří zátažná (3D 030A) a vrchní část osnovní pletenina (MC21).

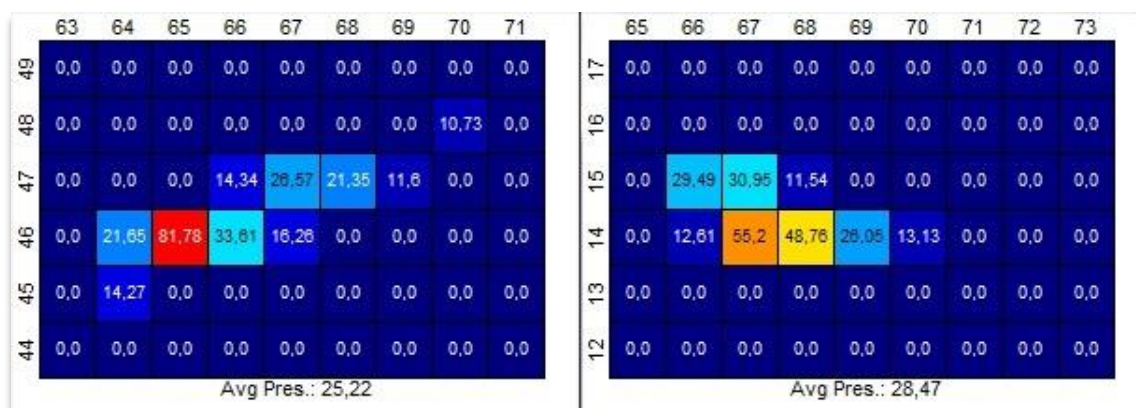
Značný rozdíl výsledků je způsoben nízkou přesností měřicího zařízení udávanou výrobcem. Tento nesoulad by mohl být také způsoben malou citlivostí měřicího zařízení, které zaznamenává hodnoty vyšší než 10 mmHg, což při daném rozsahu měřených hodnot může způsobit značné nepřesnosti.



Obrázek 30 Graf hodnot průměrných tlaků s koeficientem

Vyhodnocení maximálního naměřeného tlaku nelze k nepřesnostem měřicího zařízení považovat za směrodatné a na jeho základě tvořit závěry. Přesto, že měřená podložka má minimální možnou velikost jednoho měřicího pole, která je v současné době na trhu, je jeho rozměr  $0,25 \text{ in}^2$  ( $1,613 \text{ cm}^2$ ), což není dostatečně přesné pro měření s humánní zátěží. Není zaručeno, že proband bude ležet vždy přesně na stejném místě, proto může docházet ke značným odchylkám a vyhodnocené tlaky nebudou příliš odpovídat reálnému tlaku.

Například při měření může být zobákovitý loketní výběžek (*olecranon ulnae*) umístěn uprostřed senzoru (maximální naměřený tlak odpovídá skutečnosti), ale při dalších může být umístěn na rozhraní více měřících polí, tudíž bude zátěž rozložena do 4 polí a tedy na čtyřnásobnou plochu. Skutečná zatížená plocha je však nižší. *Obrázek 31* vyobrazuje konkrétní případ vzniku tohoto jevu, kde vlevo (levá ruka) je loketní výběžek umístěn přímo na jednom senzoru a vpravo (pravá ruka) je umístěn na dvou senzorech najednou. Je zde také možné vidět, že při podobném průměrném zatížení lze dosáhnout velice odlišné maximální zatížení.



Obrázek 31 Nerovnoměrné zatížení polí (senzorů)

### 2.5.2 Měření při použití fólie

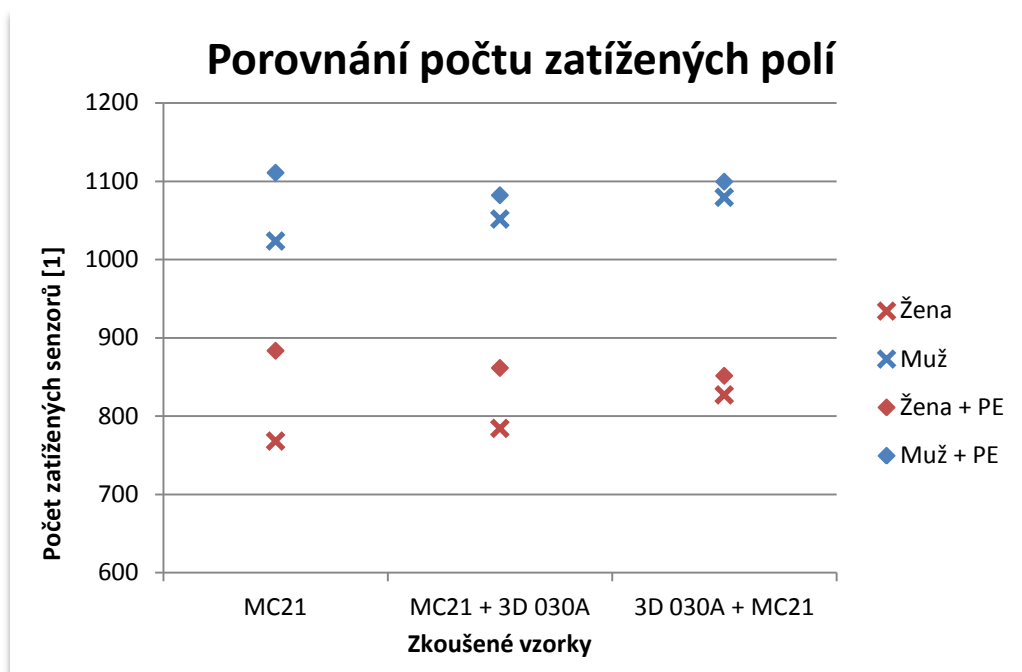
Použití polyethylenové fólie, dle výše uváděné hypotézy, viz kap. 2.4.1, by mělo zajistit nižší tření mezi stykovými plochami a měřicí podložkou. Tím by mělo být zajištěno větší rozložení tlaku a minimalizování jiných vlivů na měřicí senzor mimo tlakové napětí vyvinuté probandem. Průměry zatížených polí jednotlivých vzorků jsou uvedeny v tabulce, viz *Tabulka 6*

Tabulka 6 Hodnoty průměrných tlaků při měření s fólií a bez fólie

Proband	Žena					
	MC21	MC21 + PE	MC21 + 3D 030A	MC21 + 3D 030A + PE	3D 030 + MC21	3D 030 + MC21 + PE
$\bar{x}$ počtu zatížených polí [1]	768,0	883,4	784,2	861,4	827,0	851,4

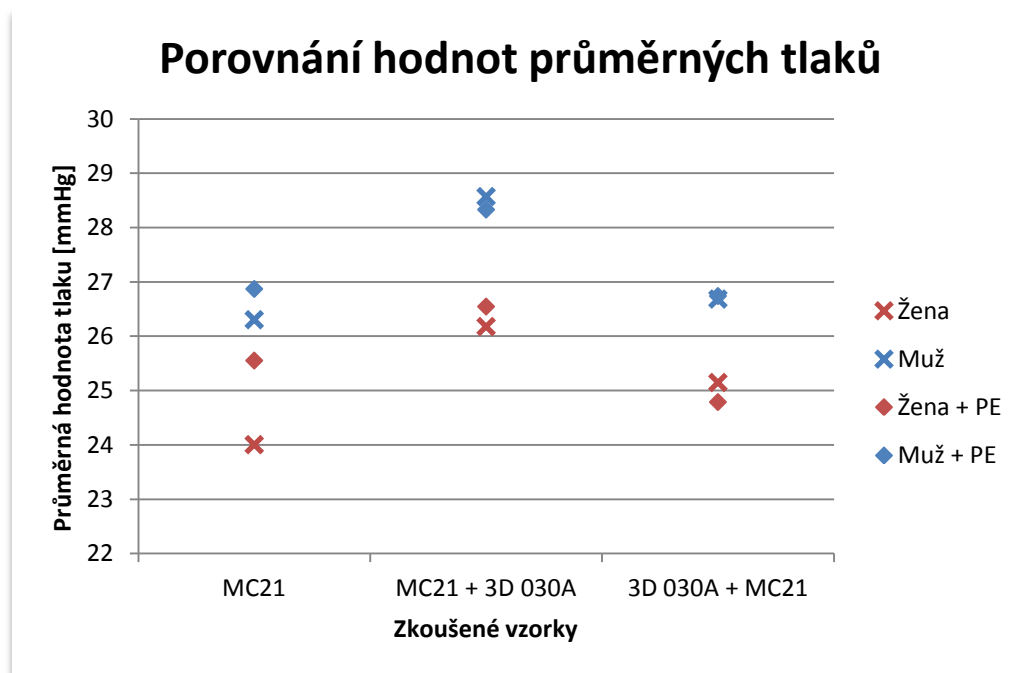
Proband	Muž					
	MC21	MC21 + PE	MC21 + 3D 030A	MC21 + 3D 030A + PE	3D 030 + MC21	3D 030 + MC21 + PE
$\bar{x}$ počtu zatížených polí [1]	1023,6	1110,8	1051,6	1082,0	1079,4	1099,4

Na grafickém znázornění jsou změny rozložení lidského těla na podložce dobře viditelné, viz *Obrázek 32*. Vliv vrstev polyethylenové fólie je více než znatelný, avšak dochází k opačnému efektu rozkládání hmotnosti probanda do plochy, než v případě, kdy polyethylenová fólie použita nebyla.



Obrázek 32 Graf porovnání počtu zatížených polí

Totožný jev je možno pozorovat i při vyhodnocení a porovnání průměrných tlaků, viz *Tabulka 7*. V případech, kdy jsou použité polyethylenové vrstvy, je po přepočítání průměrný tlak vždy nižší, má ovšem rostoucí tendenci, viz *Obrázek 34*. Nejprve je uveden srovnávací graf bez použití koeficientu, viz *Obrázek 33*.



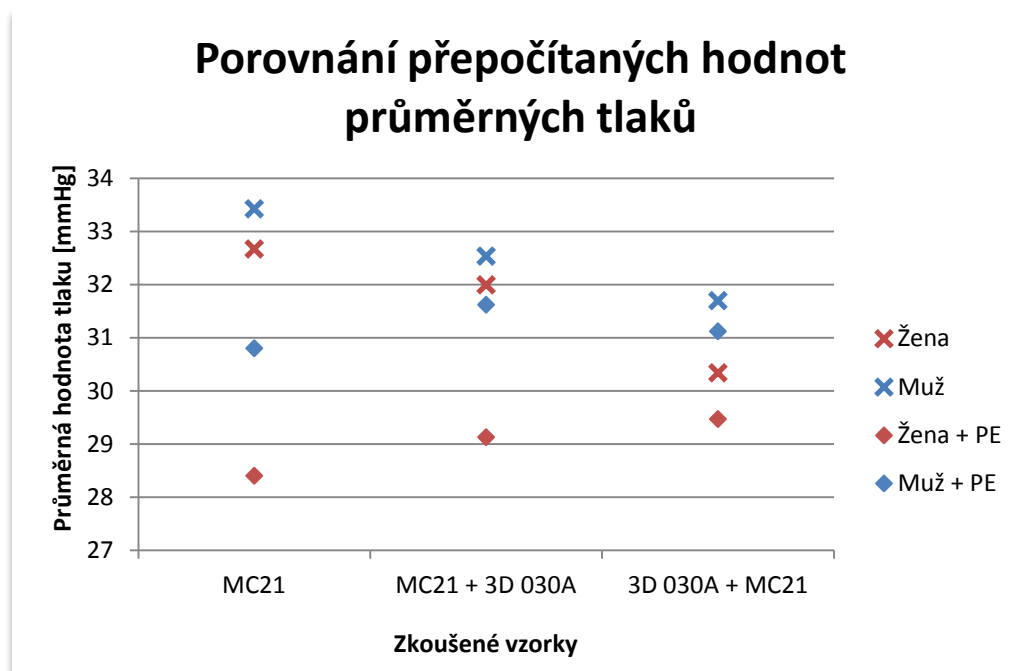
Obrázek 33 Graf porovnání hodnot průměrných tlaků

Tabulka 7 Porovnání průměrných tlaků s měřením s fólií a bez fólie přepočítaných koeficientem

Proband	Žena					
	MC21	MC21 + PE	MC21 + 3D 030A	MC21 + 3D 030A + PE	3D 030 + MC21	3D 030 + MC21 + PE
$\bar{x}$ tlaku [mmHg]	24,006	25,554	26,180	26,548	25,150	24,790
Skutečná hm. [kg]	55	55	55	55	55	55
Nameřená hm. [kg]	40,416	49,486	45,005	50,131	45,594	46,268
Koef. hm. [1]	1,361	1,111	1,222	1,097	1,206	1,189
$\bar{x}'$ tlaku [mmHg]	32,669	28,401	31,994	29,127	30,338	29,469

Proband	Muž					
	MC21	MC21 + PE	MC21 + 3D 030A	MC21 + 3D 030A + PE	3D 030 + MC21	3D 030 + MC21 + PE
$\bar{x}$ tlaku [mmHg]	26,306	28,332	28,572	28,332	26,686	26,742
Skutečná hm. [kg]	75	75	75	75	75	75
Nameřená hm. [kg]	59,027	65,434	65,866	67,200	63,144	64,449
Koef. hm. [1]	1,271	1,146	1,139	1,116	1,188	1,164
$\bar{x}'$ tlaku [mmHg]	33,424	30,801	32,534	31,620	31,697	31,120

Pro porovnání jsou hodnoty zavedeny do grafu, viz *Obrázek 34*. Použity jsou hodnoty průměrného tlaku vypočítané pomocí zavedeného koeficientu.



Obrázek 34 Graf porovnání přepočítaných hodnot průměrných tlaků



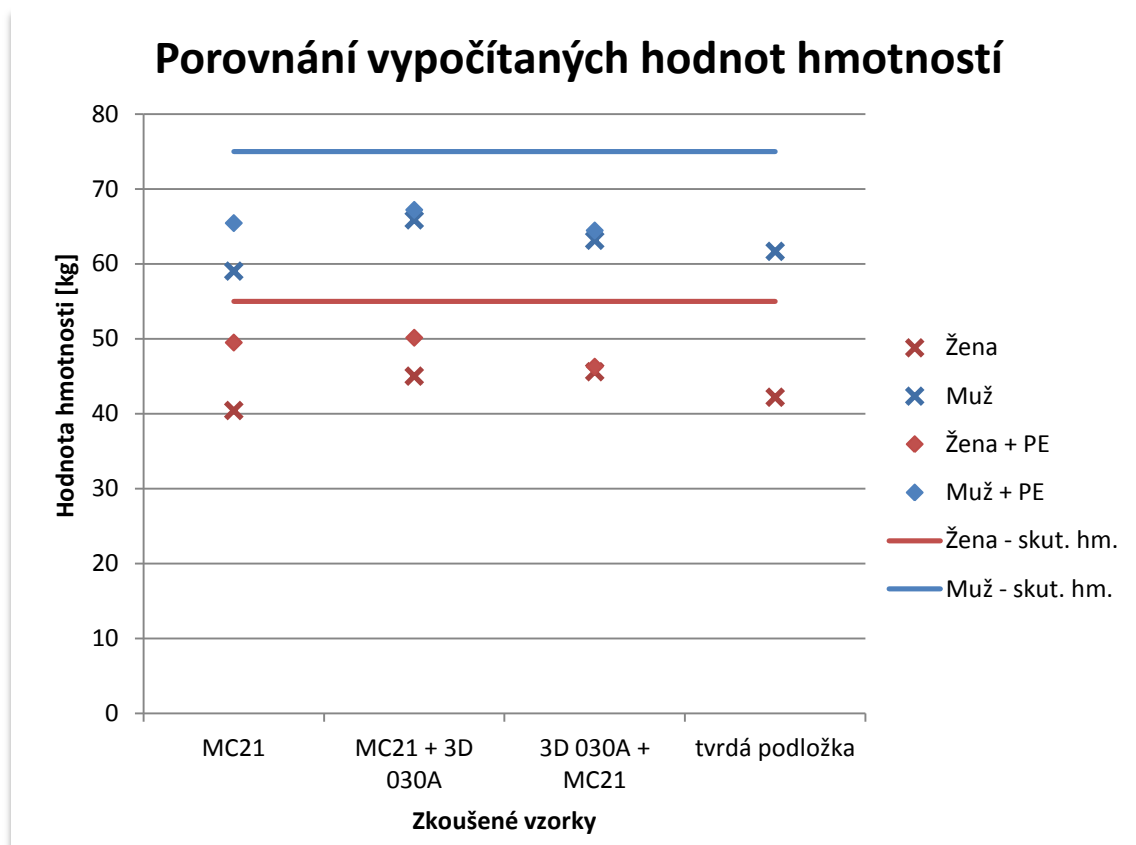
### 2.5.3 Vyhodnocení hypotézy

Hypotézu, o ovlivnění výsledných hodnot nadměrným třením, není možné potvrdit ani zcela vyvrátit. Při měření s polyethylenovou fólií bylo dosaženo výsledků blízkých se více reálné hmotnosti probanda, průměrné tlaky byly nižší a počty zatížených polí vyšší než bez použití fólie. Celkové vyhodnocení vzorků vychází ovšem odlišně. V tabulce a na obrázku jsou uvedeny vypočítané hodnoty hmotnosti probandů dle naměřených průměrných tlaků, viz *Tabulka 8* a *Obrázek 35*. Samotná MC21 vykazovala největší odchylku od reálných hodnot.

*Tabulka 8 Srovnání vypočítaných hmotností probandů*

	Skut. hm.	MC21	MC21 + PE	MC21 + 3D 030A	MC21 + 3D 030A + PE	3D 030 + MC21	3D 030 + MC21 + PE	Tvrdá podložka*
Žena	55	40,41	49,48	45,00	50,13	45,59	46,26	42,18
Muž	75	59,02	65,43	65,86	67,20	63,14	64,44	61,66

\* u tohoto měření je možné přesažení maximálního změřitelného tlaku, tudíž je při výpočtech počítáno s maximální hodnotou 220 mmHg, i když je možné, že byla lokální hodnota tlaku vyšší.



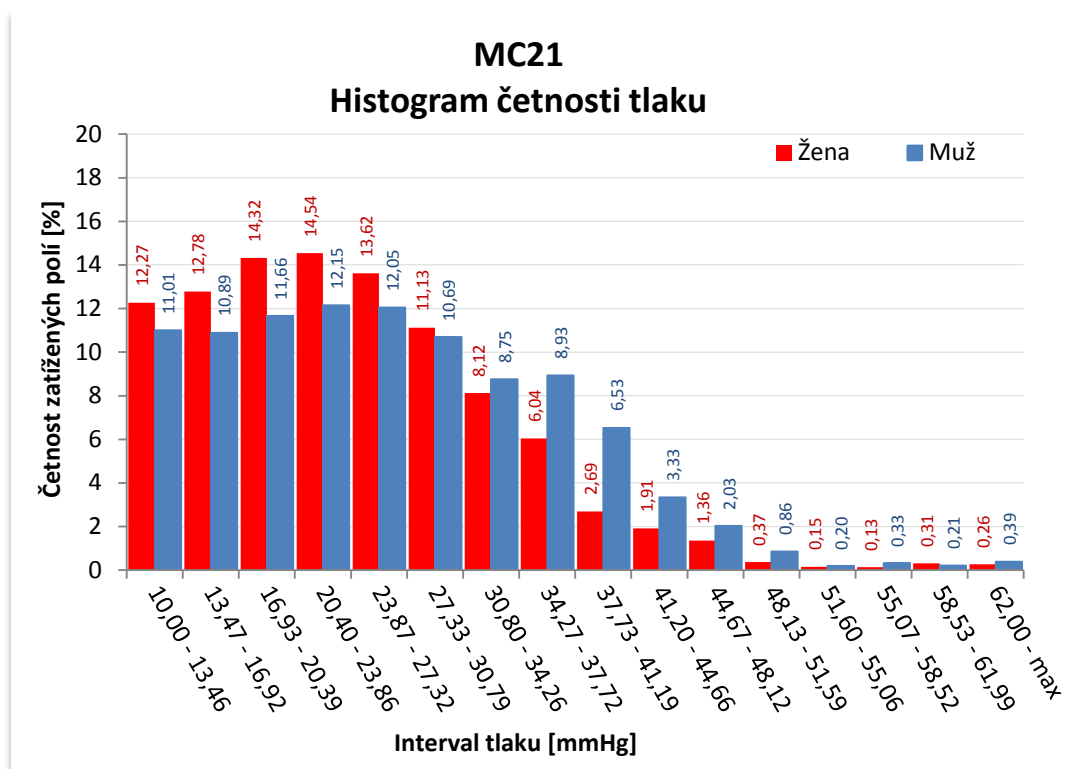
*Obrázek 35 Graf porovnání vypočítaných hodnot hmotností*

### 2.5.4 Vyhodnocení zkoušených vzorků

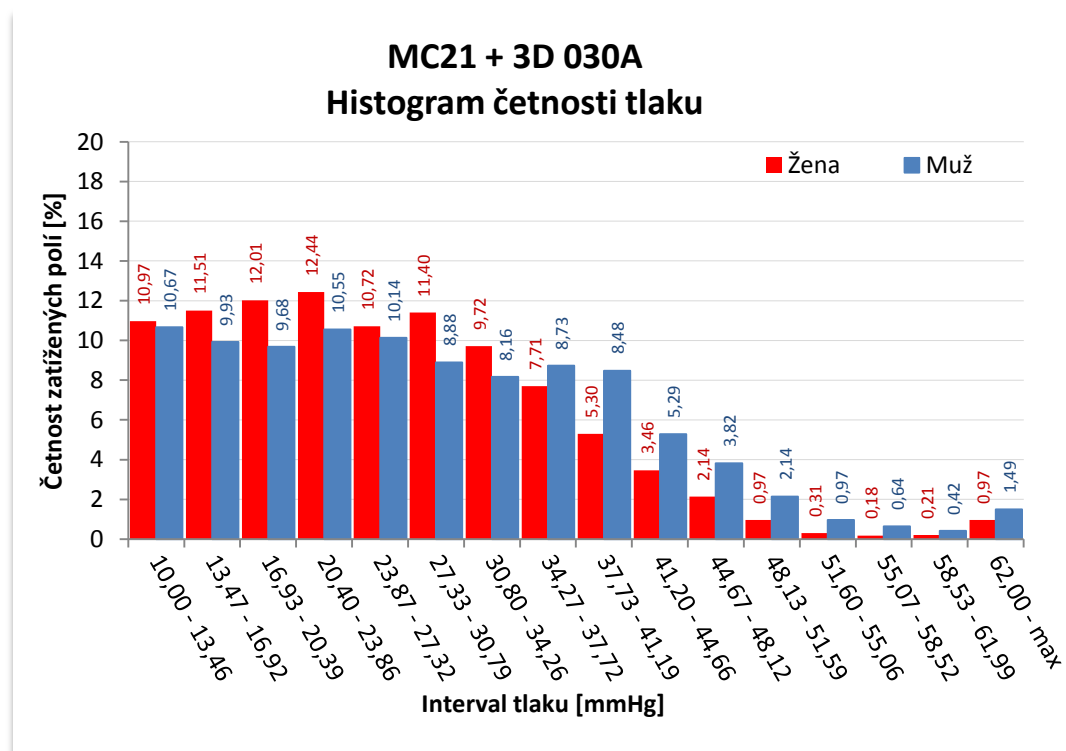
Nejvýhodnější srovnání o vhodnosti navrstvení pletenin v lůžku může být bráno vyhodnocení histogramu počtu zatížených polí dle intervalu tlaku. Obě měřené skupiny vzorků („s“ i „bez“ fólie) vykazovaly obdobné výsledky, proto jako reprezentativní výsledky byly použity výsledky měření bez fólie. Na obrázcích uvedených na konci kapitoly jsou vyneseny histogramy měřených vzorků bez fólie, kde je uvedena procentuální četnost zatížených polí spadajících do daného intervalu tlaku, viz *Obrázek 36*, *Obrázek 37*, *Obrázek 38*, *Obrázek 39* (histogramy všech měření jsou uvedeny v příloze, viz *Příloha A*). Z histogramů je možné porovnání množství polí zatížených nad kritickou hodnotou 62 mmHg. Jak již bylo zmíněno v posledním odstavci kapitoly 2.5.1, ani tato metoda vyhodnocení není zcela vyhovující. Statistické zpracování dat ovšem zamezí přílišným výkyvům mezi různými skupinami výsledků. Je ovšem nutné brát na zřetel, že reálný stykový tlak může být v kritických místech vyšší. Také není přesně definováno, jak vysoký tlak byl dosažen, pouze ukazuje, že překročil hodnotu 62 mmHg. Lze tedy pouze určit, která z nabízených variant navrstvených pletenin nabízí vhodnější požadované podmínky. Počet kriticky zatížených polí ovlivní také hmotnost a typ postavy probanda.

Nejlépe proto vychází varianta, kde je pletenina s nejvyšší distancí (MC21) navrchu a je podložena tenčí pleteninou (3D 030A). Ne příliš rozdílné výsledky poskytuje samotná osnovní pletenina, která vykazuje nejmenší procento zatížených polí přesahujících kritickou hodnotu tlaku. Nejhorší výsledky vykazuje varianta s tenkou zátažnou pleteninou navrchu. Větší přesnost by mohla být dosažena větším počtem měření ( $\pm 10\%$ ), avšak nikdy nelze zaručit, že zpracované výsledky budou dosahovat přesných hodnot.

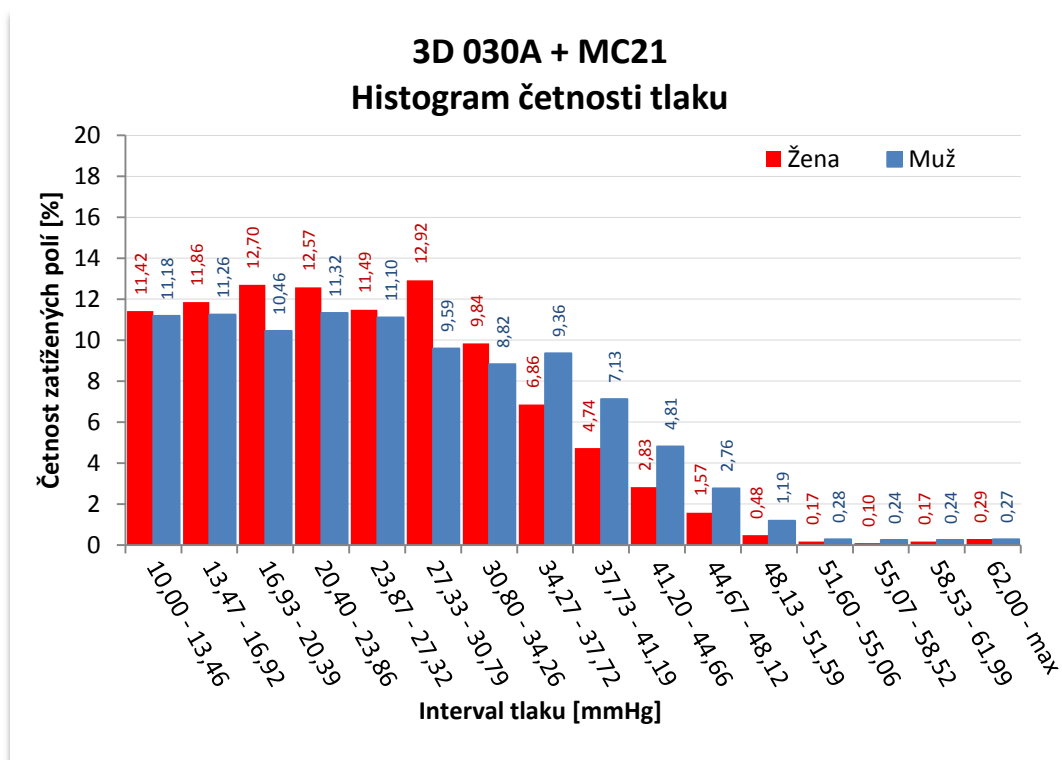
Ačkoliv měřený vzorek s tenčí zátažnou pleteninou položenou na pletenině osnovní, nevychází z hlediska tlaku nejlépe, společnosti Sintex a.s. a Tylex Letovice a.s. spolupracují na vývoji antidekubitních podložek právě v tomto navrstvení. Zátažná pletenina navrchu zaručuje potřebný komfort a osnovní pletenina pod ní zajišťuje měkkost a prodyšnost. Je ovšem stále zapotřebí snížit tuhost struktury, aby docházelo k lepšímu rozložení tlaku v rizikových místech.



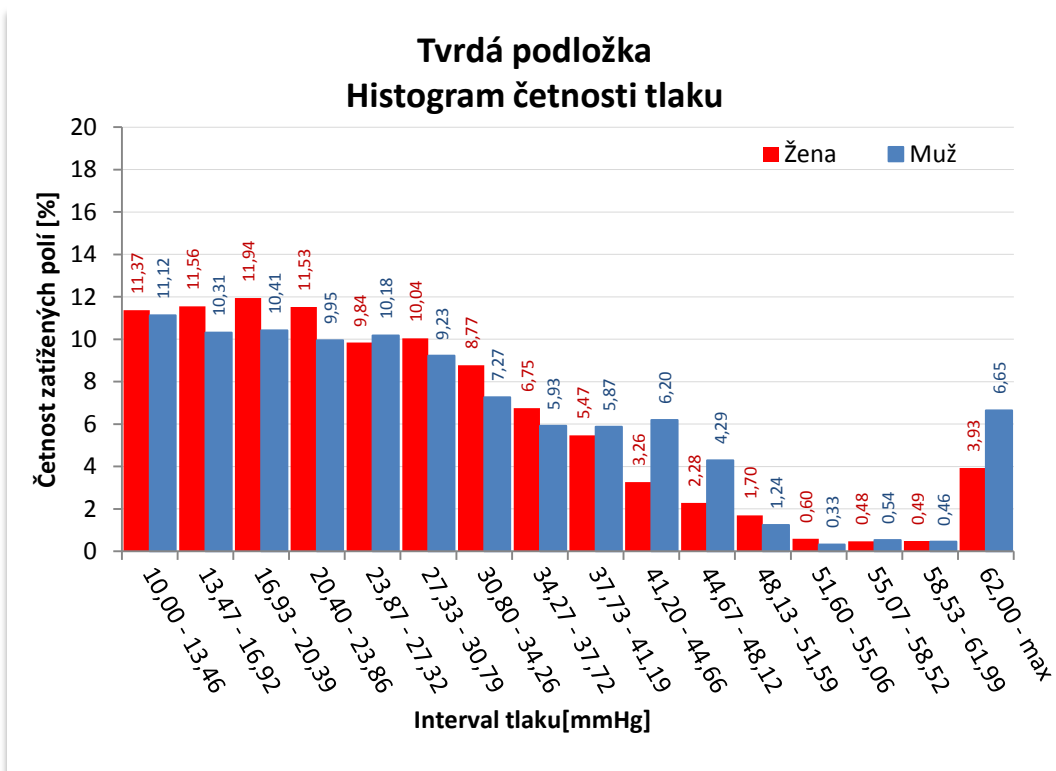
Obrázek 36 MC21 - histogram četnosti tlaku



Obrázek 37 MC21 + 3D 030A - histogram četnosti tlaku



Obrázek 38 3D 030A + MC21 - histogram četnosti tlaku



Obrázek 39 Tvrdá podložka - histogram četnosti tlaku

### 3 Závěr

Bakalářská práce byla zpracována pomocí zařízení XSensor společně s příslušenstvím a k dispozici byly dva vzorky pletenin. Prvním byla zátažná 3D pletenina označována 3D 030A vyrobená v Sintex a.s. s distancí 2,3 mm. Druhým vzorkem byla osnovní 3D pletenina značena Stretch 500 MC21 vyrobená v Tylex Letovice a.s. s distancí 20 mm.

Měření bylo provedeno ve třech možných variantách navrstvení a bylo přidáno měření na tvrdé podložce. Byla zavedena hypotéza, při které autor vycházel z předpokladu, že měřená veličina je zásadně ovlivněna mechanismem tření, který působí v přechodové ploše mezi probandem a měřicí podložkou, rovněž i mezi měřicí podložkou a zkoušeným materiálem. Pro potvrzení či vyvrácení této hypotézy bylo ke každé variantě provedeno doplňující měření, při němž byla do přechodových ploch vložena fólie z polyethylenu s nízkou hustotou (PE-LD).

Na základě naměřených výsledků a pro nereálnost výsledných hodnot byl zaveden bezrozměrný koeficient, vycházející z poměru skutečné a naměřené hmotnosti probanda, který koriguje naměřená data.

Pro posouzení vhodnosti navrstvení pletenin v lůžku bylo vybráno vyhodnocení histogramu četnosti zatížených polí dle intervalu tlaku, které poskytovalo věrohodné výsledky. Není zde přesně uvedeno, jakých hodnot nabývá tlak v rizikových místech lůžka, pouze, že překročil hodnotu 62 mmHg. Lze tedy pouze určit, která z nabízených variant lépe splňuje požadované podmínky. Varianta, kde je pletenina s nejvyšší distancí (MC21) navrchu a je podložena tenčí pleteninou (3D 030A), byla vyhodnocena jako nejvhodnější s ohledem na rozložení hmotnosti probanda na lůžko. Samotná pletenina MC21 vykazovala také dobré výsledky. Nejhorší podmínky pro eliminaci dekubitů, vzhledem k rozložení tlaku, vykazovala varianta s tenkou zátažnou pleteninou navrchu.

Ačkoliv varianta, při které byla tenká pletenina 3D 030A položená na pleteninu MC21 s vyšší distancí, nevychází z hlediska tlaku nejlépe, společností Sintex a.s. a Tylex Letovice a.s. spolupracují na vývoji antidekubitních podložek právě v tomto navrstvení. Důvodem je, že maximální výše a rozložení tlaku není pouze jediným faktorem vzniku dekubitů.

Hypotézu, která byla zavedena v této práci, není možné potvrdit ani zcela vyvrátit, avšak na základě výsledků přepočtu naměřené hmotnosti bylo dosaženo hodnot více odpovídajících skutečnosti. I přesto bylo u některých měření s fólií dosaženo diametrálně odlišných výsledků.

Důvodem výše zmíněného může být např. fakt, že zařízení XSensor bylo shledáno, ačkoliv je v současné době nejlepší dostupné zařízení, ne zcela vyhovující k měření s humánní zátěží. Maximální tlak, který by bylo nejvhodnější vyhodnocovat při řešení této problematiky, dosahuje velkých nepřesností z důvodů velmi hrubé sítě senzorů. Velké nepřesnosti při měření by bylo možno eliminovat hustší sítí senzorů. Reálnějších hodnot průměrného tlaku a skutečného počtu zatížených polí by bylo možné docílit i nižší počáteční hodnotou měření, 10 mmHg se jeví jako nedostačující.

## Použitá literatura

- [1] LIZÁK, Pavol a Jiří MILITKÝ. *Technické textilie*. 1. vydání. Ružomberok: Nadácia pre rozvoj textilného vysokoškolského vzdelávania, 2002. ISBN 80-968674-0-7.
- [2] KOVÁŘ, Radko. *Pletení*. 1. vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1997. ISBN 80-7083-244-4.
- [3] Historie pletení. In: *Historie pletení* [online]. 2008 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.opvk.eu/LinkClick.aspx?fileticket=20Fx%2BM%2BCEQI%3D&tabid=5541&mid=8815&language=cs-CZ>
- [4] *Vězby a rozbor pletení: pre 3. a 4. ročník SPŠ textilných študijného odboru textilná technológia*. Bratislava: Alfa, 1989. ISBN 8005002734.
- [5] Textilní zbožíznalství II: Přednáška č.1 Typologie plošných textilií – shrnutí základních pojmů; Vězby tkanin. In: HAVLOVÁ, Marie. *Textilní zbožíznalství II* [online]. 2012 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.kht.tul.cz/items/TZ2/Stz2/01.%C3%BAvod%20a%20vazby%20tkanin.pdf>
- [6] Textilní zbožíznalství 2: Kapitola č. 6: Identifikace zátažného pleteného zboží. In: HAVLOVÁ, Marie. *Textilní zbožíznalství 2* [online]. 2012 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.kht.tul.cz/items/TZ2/Stz2/06.Identifikace%20z%C3%A1ta%C5%BEn%C3%A9ho%20pleten%C3%A9ho%20zbo%C5%BE%C3%AD.pdf>
- [7] Textilní zbožíznalství 2: Kapitola č. 6: Identifikace zátažného pleteného zboží. In: HAVLOVÁ, Marie. *Textilní zbožíznalství 2* [online]. 2012 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.kht.tul.cz/items/TZ2/Stz2/07.Identifikace%20osnovn%C3%ADho%20pleten%C3%A9ho%20zbo%C5%BE%C3%AD.pdf>
- [8] *Tylex Letovice a.s.* [online]. 2010 - 2013 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.tylex.cz/a84-technicke-textilie>
- [9] PIEKLAK, K a Z. MIKOŁAJCZYK. Spatial Model of the Structure of Warp – Knitted 3D Distance Fabrics. In: *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe: January / December / A 2008, Vol. 16, No. 5 (70)* [online]. 2007 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.fibtex.lodz.pl/article151.html>
- [10] New 3D knitting technology brings new structure and applications to fabrics. In: PEIHUA. *New 3D knitting technology brings new structure and applications to fabrics* [online]. 2012 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <http://www.adsaleata.com/Publicity/ePub/lang-eng/article-8258/asid-74/Printing.aspx>

- [11] United States Patent US5422153. In: PEIHUA. *United States Patent* [online]. 1995 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <http://www.freepatentsonline.com/5422153.pdf>
- [12] DOSTÁLOVÁ, Mirka a Mária KŘIVÁNKOVÁ. *Základy textilní a oděvní výroby*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-831-0.
- [13] SPENCER, David J. *Knitting: Technology*. Oxford: Pergamon Press, 1986. ISBN 0-08-024762-8.
- [14] SOVADNÍK, František. *Technologie osnovního pletení*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1982. ISBN 04-831-82.
- [15] SPENCER, David J. *Knitting Technology: A Comprehensive Handbook and Practical Guide*. 2001. vyd. England: Woodhead Publishing Limited, 2001. ISBN 1855733331.
- [16] Three-Dimensionally Knit Spacer Fabrics: A Review of Production Techniques and Applications. In: *Journal f Textile and Apparel, Technology and Management* [online]. 2005 [cit. 2013-04-13]. Dostupné z: [http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume4issue4/Articles/Bruer/Bruer\\_full\\_149\\_05.pdf](http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume4issue4/Articles/Bruer/Bruer_full_149_05.pdf)
- [17] KRÁČÁLOVÁ, Dita. *Podniková literatura – Sintex, a.s., Česká Třebová, Sintex a.s., 2013*
- [18] ŠTOROVÁ, Renata. *Technologie I.: Technologické textilní výpočty*. 1. vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1990. ISBN 80-7083-038-7.
- [19] DANĚK, Vratislav. *Stroje a technologie osnovního pletení*. 1. vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1984. ISBN 55-823-83.
- [20] ZKT 2. díl. In: *ZKT* [online]. 2010 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/ZKT2dil.pdf>
- [21] KOVÁŘ, Radko. *Stroje a technologie zátažného pletení*. 2. vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1986. ISBN 55-819-86.
- [22] VANČURA, František. *Inovace zdravotních matrací pomocí osnovních distančních pletenin*. Liberec, 2012. Diplomová. Technická Univerzita v Liberci.
- [23] ŠAFRÁNKOVÁ, A.; NEJEDLÁ, M. *Interní ošetřovatelství I*. Praha: Grada Publishing, 2006. 280 s. ISBN 80-247-1148-6
- [24] ONDRIOVÁ, Iveta a Terézia FERTAĽOVÁ. *Dekubity jako indikátor kvality péče*. In: *Dekubity jako indikátor kvality péče* [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/sestra/dekubity-jako-indikator-kvality-pece-468695>



- [25] HOFFMANNOVÁ, Petra a Lenka PLÍVOVÁ. *Základy ošetrovatelské péče, 1. díl*. Liberec: Vysokoškolský podnik Liberec, 2008. ISBN 978-80-7372-340-8.
- [26] *XSENSOR® Technology Corporation* [online]. 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.xsensor.com/>
- [27] X3 PX100 Pressure Imaging Sensor. *XSENSOR® Technology Corporation* [online]. 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.xsensor.com/media/upload/xsensor-spec-X3-PX100-64-160-02.pdf>
- [28] NOVÁK, Ondřej. *3D netkané textilie ve zdravotnictví - simulace chování matrací při zatěžování*. Liberec, 2011. Disertační. Technická univerzita v Liberci.
- [29] CRESSTO s.r.o. měření tlaku. *Měření tlaku: přepočty jednotek* [online]. 2010 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.cressto.cz/prepocety-jednotek>

## Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 Zátěžná pletenina [6]</i> .....	11
<i>Obrázek 2 Výroba zátěžné pleteniny [5]</i> .....	11
<i>Obrázek 3 Osnovní pletenina [6]</i> .....	12
<i>Obrázek 4 Výroba osnovní pleteniny [5]</i> .....	12
<i>Obrázek 5 Zátěžná otevřená a uzavřená smyčka [6]</i> .....	12
<i>Obrázek 6 Osnovní otevřená a uzavřená smyčka [7]</i> .....	12
<i>Obrázek 7 Maximální jemnost nití pro použití na rašlu [14]</i> .....	15
<i>Obrázek 8 Třívrstvá 3D distanční pletenina [9]</i> .....	16
<i>Obrázek 9 Řez pracovním ústrojím okrouhlého pletacího stroje [1]</i> .....	19
<i>Obrázek 10 Tvorba zátěžné pleteniny [15]</i> .....	19
<i>Obrázek 11 Schéma 3D zátěžné pleteniny [11]</i> .....	19
<i>Obrázek 12 Mayer &amp; Cie - OV 3.2 QC 28E30, foto pořízeno v Sintex a.s.</i> .....	20
<i>Obrázek 13 3D osnovní pletenina [9]</i> .....	21
<i>Obrázek 14 Pohybový diagram pracovních prvků u rašlů [14]</i> .....	21
<i>Obrázek 15 Pracovní prvky dvoulůžkového rašlu [14]</i> .....	22
<i>Obrázek 16 Možnosti rozložení oček vnitřní vrstvy [9]</i> .....	23
<i>Obrázek 17 Schéma monofilu [9]</i> .....	24
<i>Obrázek 18 Průřez 3D pleteninou [9]</i> .....	24
<i>Obrázek 19 Ukázka možnosti kladení vazeb při použití 5-ti kladecích přístrojů [16]</i> ...	24
<i>Obrázek 20 LIBA DG507, foto pořízeno v Tylex Letovice a.s.</i> .....	25
<i>Obrázek 21 Pohled na křížení monofilů v 3D osnovní pletenině. [22]</i> .....	26
<i>Obrázek 22 Oblasti výskytu dekubitů v poloze na zádech</i> .....	28
<i>Obrázek 23 Osnovní 3D pletenina Stretch 500 MC21 vzor D0030_02</i> .....	32
<i>Obrázek 24 Zátěžná 3D pletenina 3D 030A</i> .....	33
<i>Obrázek 25 Proband na měřicí podložce, ilustrační foto</i> .....	34
<i>Obrázek 26 Polyethylenová fólie s nízkou hustotou (PE-LD)</i> .....	35
<i>Obrázek 27 Pohled na zařízení XSensor s příslušenstvím</i> .....	36
<i>Obrázek 28 Graf počtu zatížených polí</i> .....	38
<i>Obrázek 29 Graf hodnoty průměrných tlaků</i> .....	39
<i>Obrázek 30 Graf hodnot průměrných tlaků s koeficientem</i> .....	41
<i>Obrázek 31 Nerovnoměrné zatížení polí (senzorů)</i> .....	42
<i>Obrázek 32 Graf porovnání počtu zatížených polí</i> .....	43

<i>Obrázek 33 Graf porovnání hodnot průměrných tlaků .....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 34 Graf porovnání přepočítaných hodnot průměrných tlaků.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 35 Graf porovnání vypočítaných hodnot hmotností .....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 36 MC21 - histogram četnosti tlaku .....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 37 MC21 + 3D 030A - histogram četnosti tlaku .....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 38 3D 030A + MC21 - histogram četnosti tlaku .....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 39 Tvrdá podložka - histogram četnosti tlaku .....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 40 MC21 – lící strana.....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 41 MC21 - rubní strana.....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 42 MC21 - řez po řádku .....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 43 MC21 - řez po sloupku .....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 44 3D 030A – lící strana .....</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 45 3D 030A – rubní strana.....</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 46 3D 030A - řez po řádku .....</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 47 3D 030A - řez po sloupku .....</i>	<i>58</i>

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Parametry použitého zařízení [27] .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 2 Technická data pletenin .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 3 Průměrné hodnoty zatížených polí a základní statistické údaje .....</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 4 Průměrné hodnoty kontaktních tlaků a základní statistické údaje .....</i>	<i>38</i>
<i>Tabulka 5 Průměrné hodnoty kontaktních tlaků po vynásobení koeficientem.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 6 Hodnoty průměrných tlaků při měření s fólií a bez fólie .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 7 Porovnání průměrných tlaků s měřením s fólií a bez fólie přepočítaných koeficientem .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 8 Srovnání vypočítaných hmotností probandů .....</i>	<i>45</i>

## Seznam příloh

<i>Příloha A Osnovní pletenina Stretch 500 MC21 – distance 20 mm .....</i>	<i>57</i>
<i>Příloha B Zátěžná pletenina 3D 030A – distance 2,3 mm.....</i>	<i>58</i>
<i>Příloha C 2D a 3D grafy společně s histogramy.....</i>	<i>59</i>

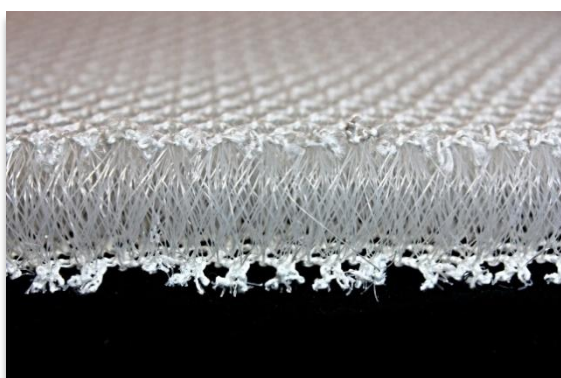
**Příloha A Osnovní pletenina Stretch 500 MC21 – distance 20 mm**



*Obrázek 40 MC21 – lící strana*



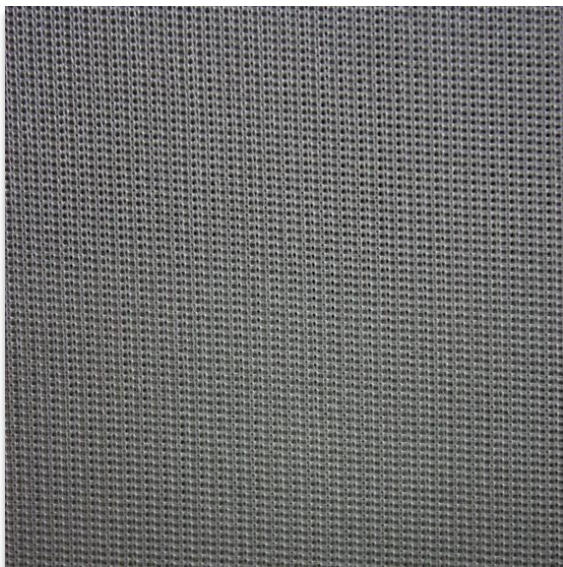
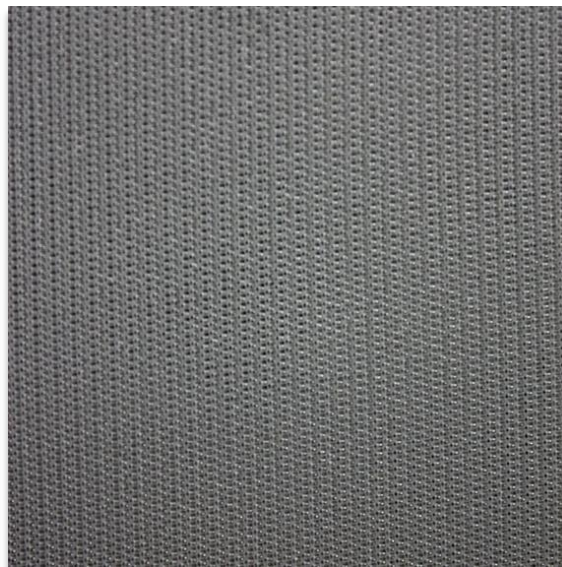
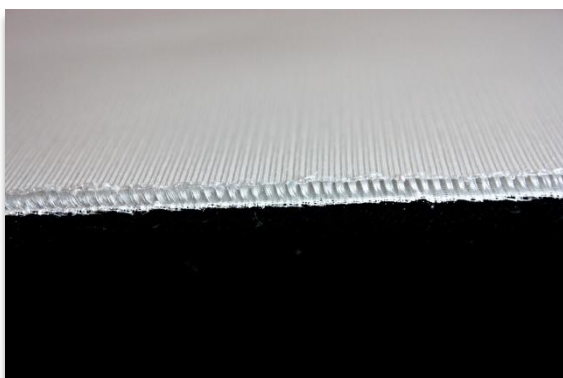
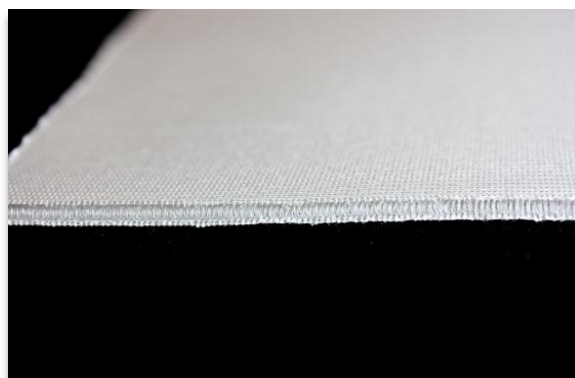
*Obrázek 41 MC21 - rubní strana*



*Obrázek 42 MC21 - řez po řádku*



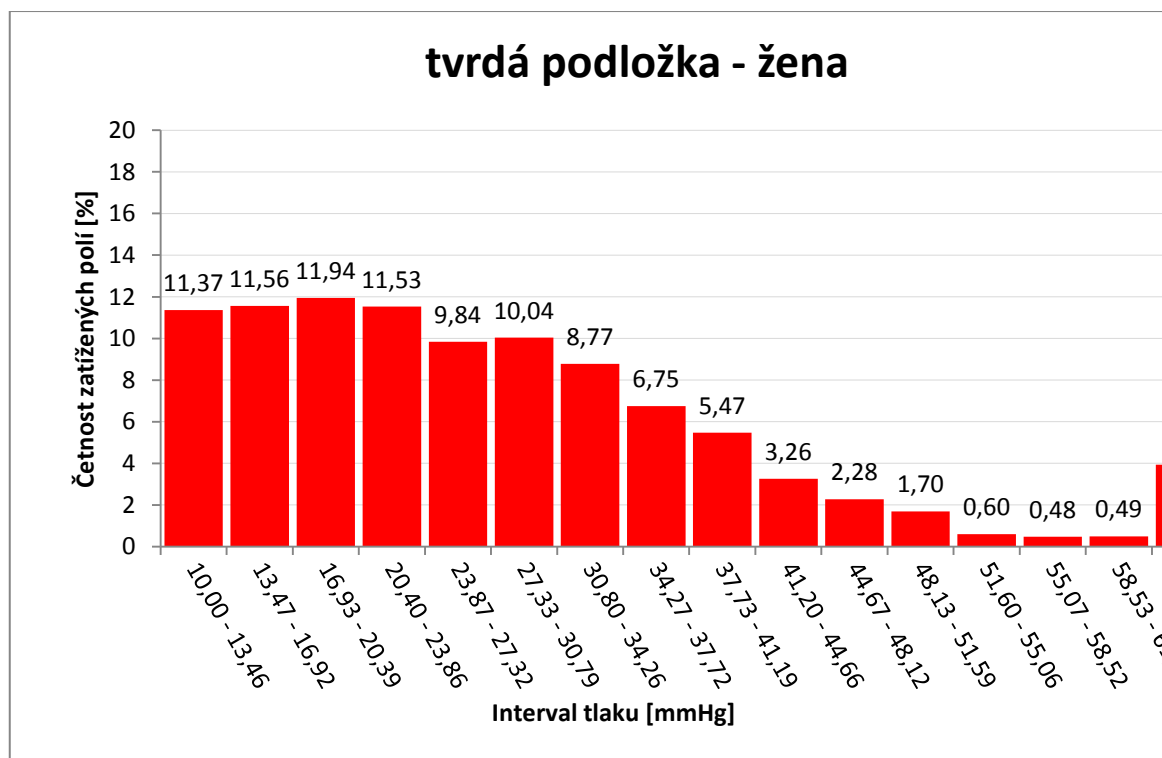
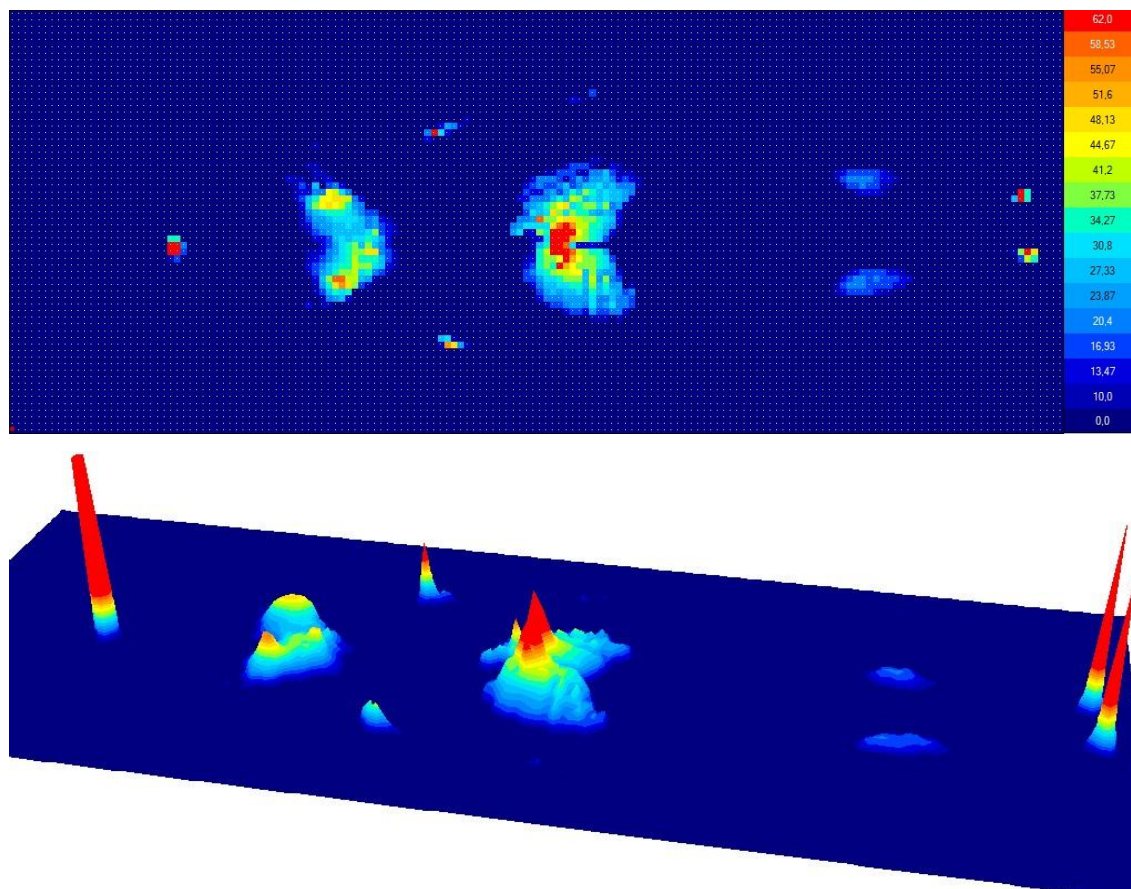
*Obrázek 43 MC21 - řez po sloupku*

**Příloha B Zátazná pletenina 3D 030A – distance 2,3 mm***Obrázek 44 3D 030A – lící strana**Obrázek 45 3D 030A – rubní strana**Obrázek 46 3D 030A - řez po řádku**Obrázek 47 3D 030A - řez po sloupku*



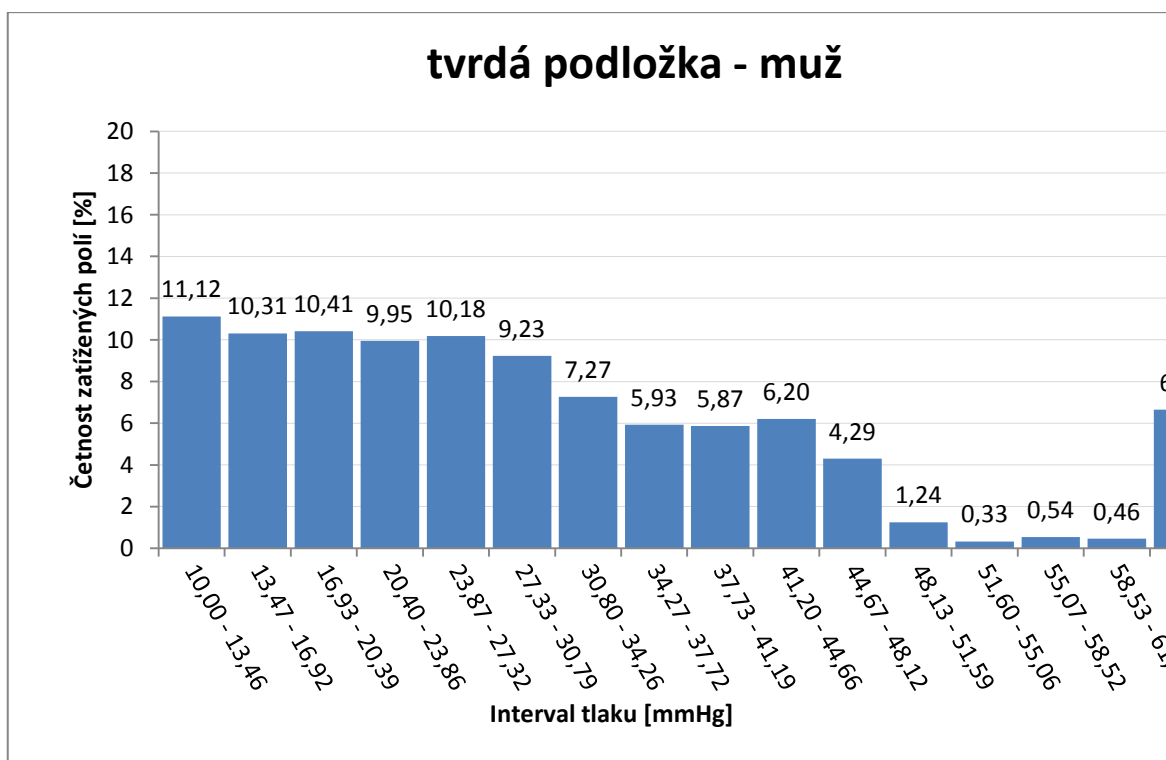
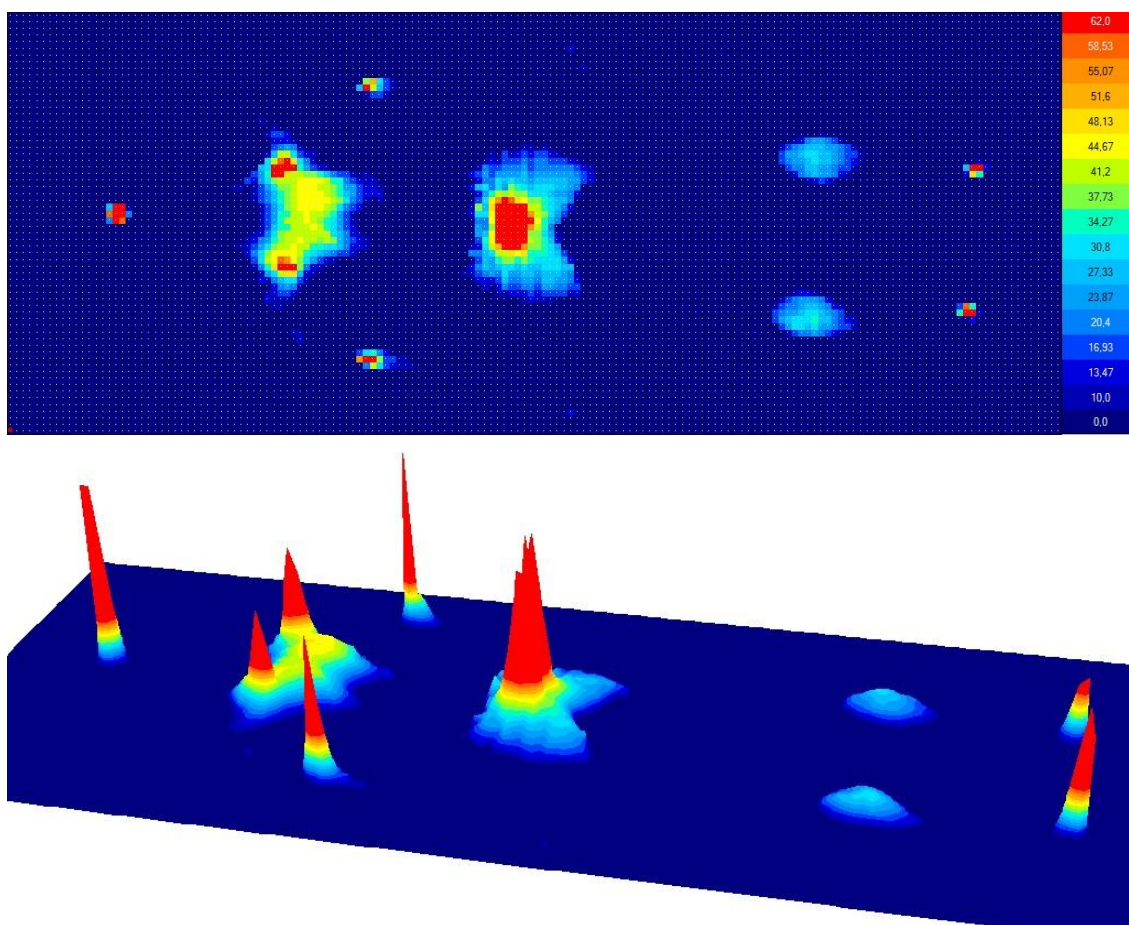
# Příloha C 2D a 3D grafy společně s histogramy

Tvrdá podložka – žena

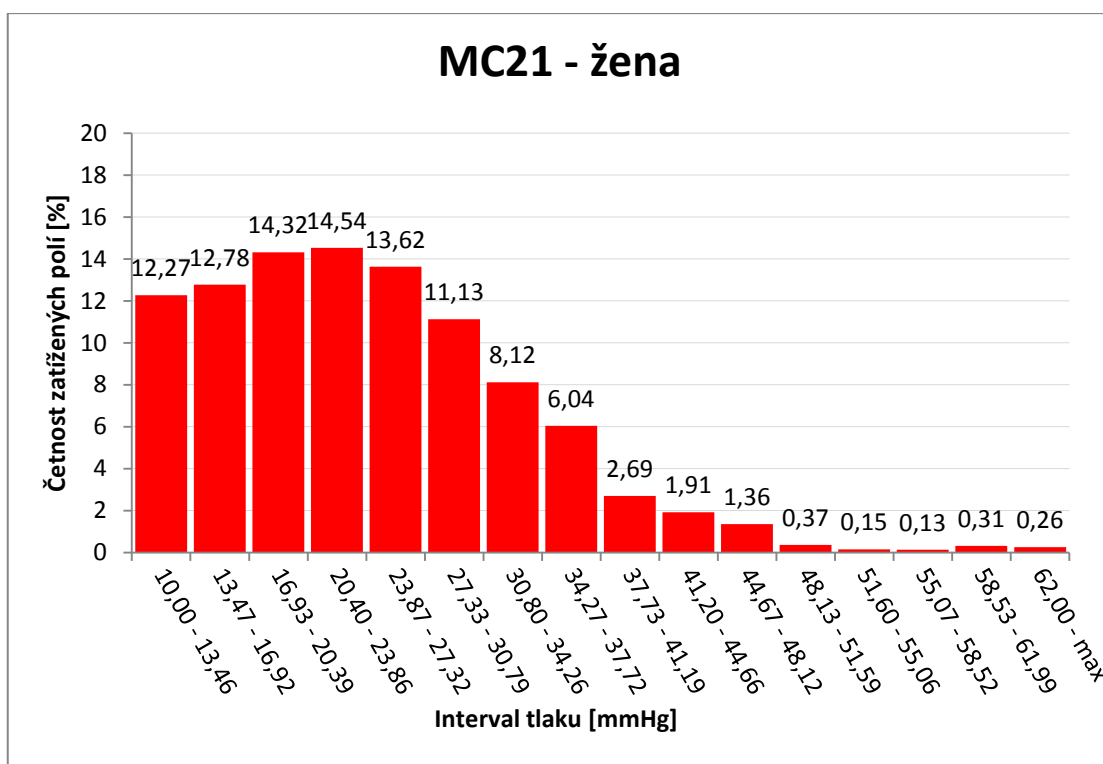
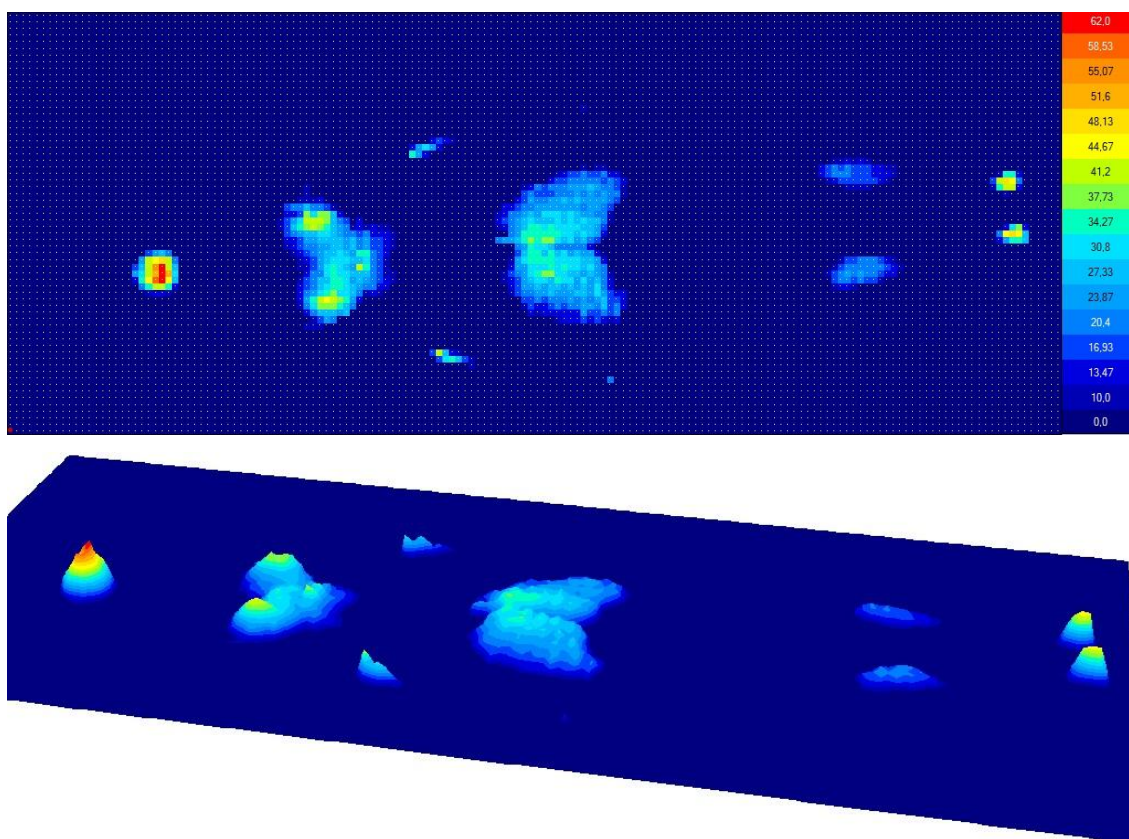




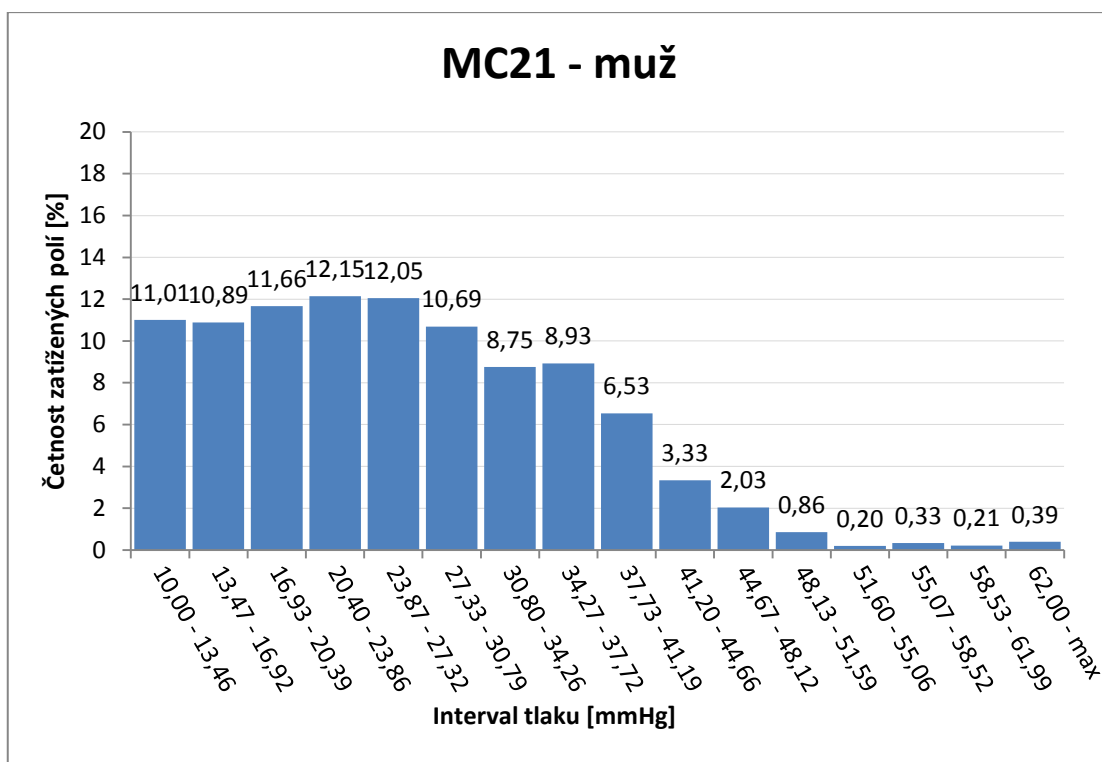
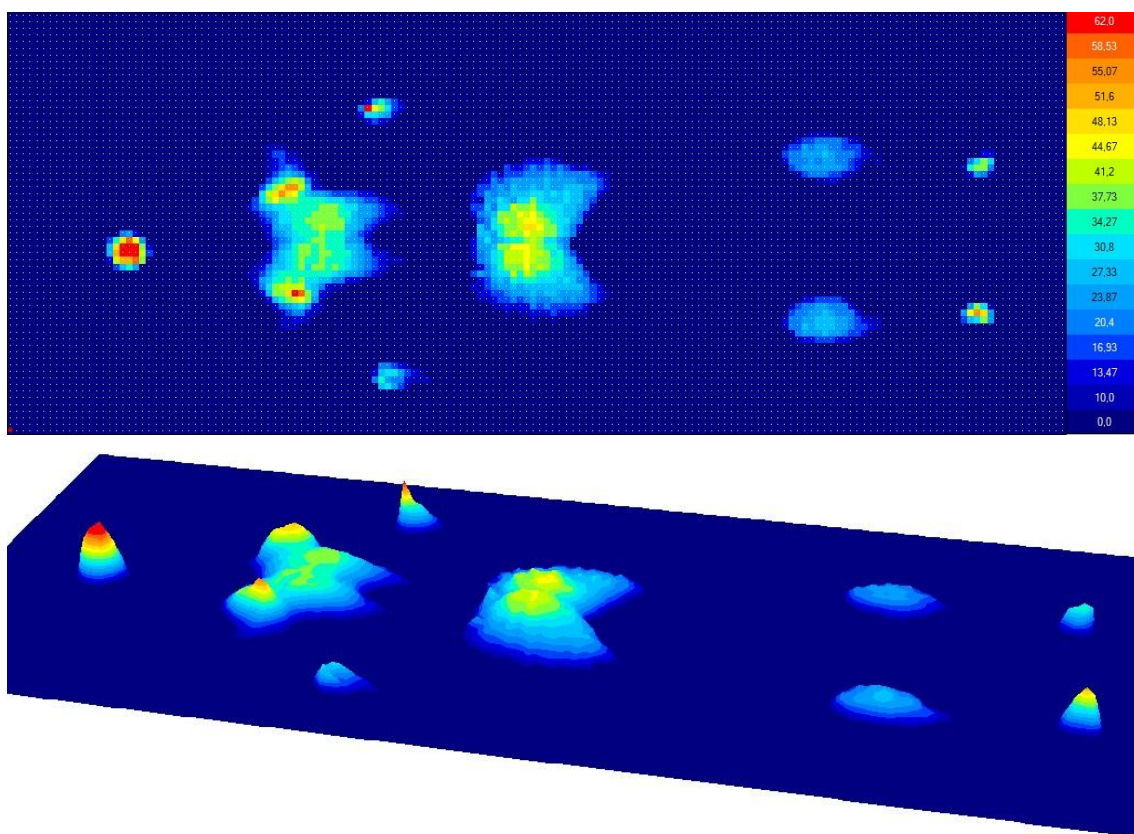
Tvrdá podložka – muž



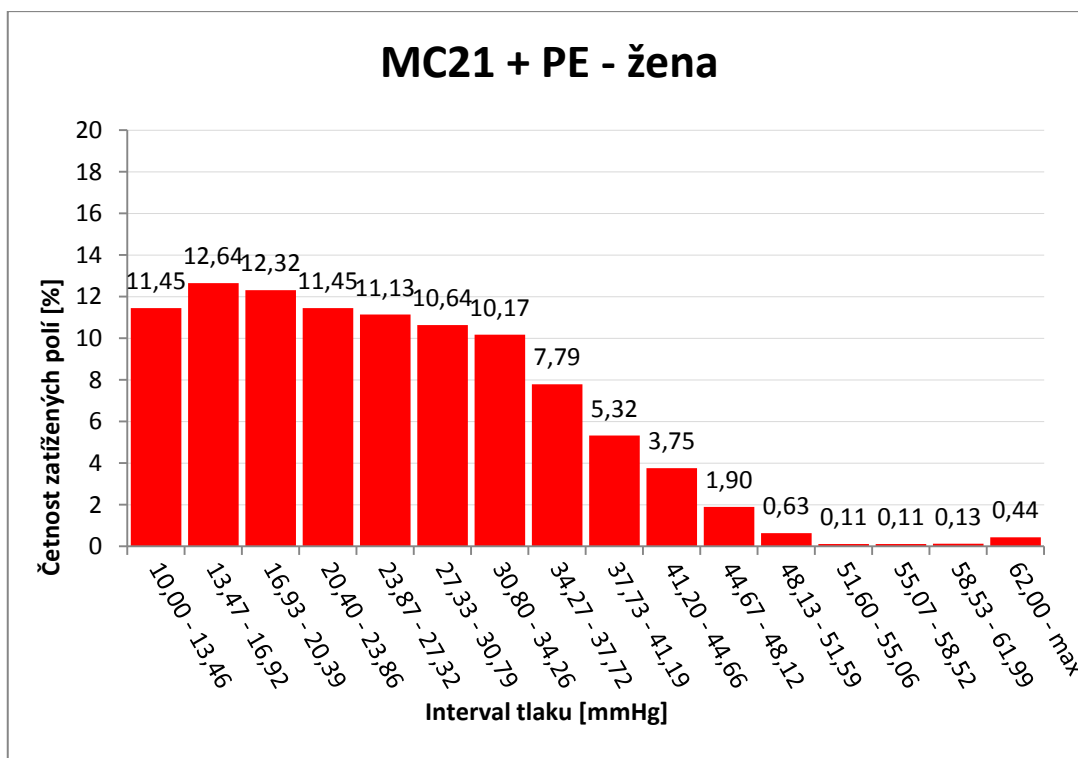
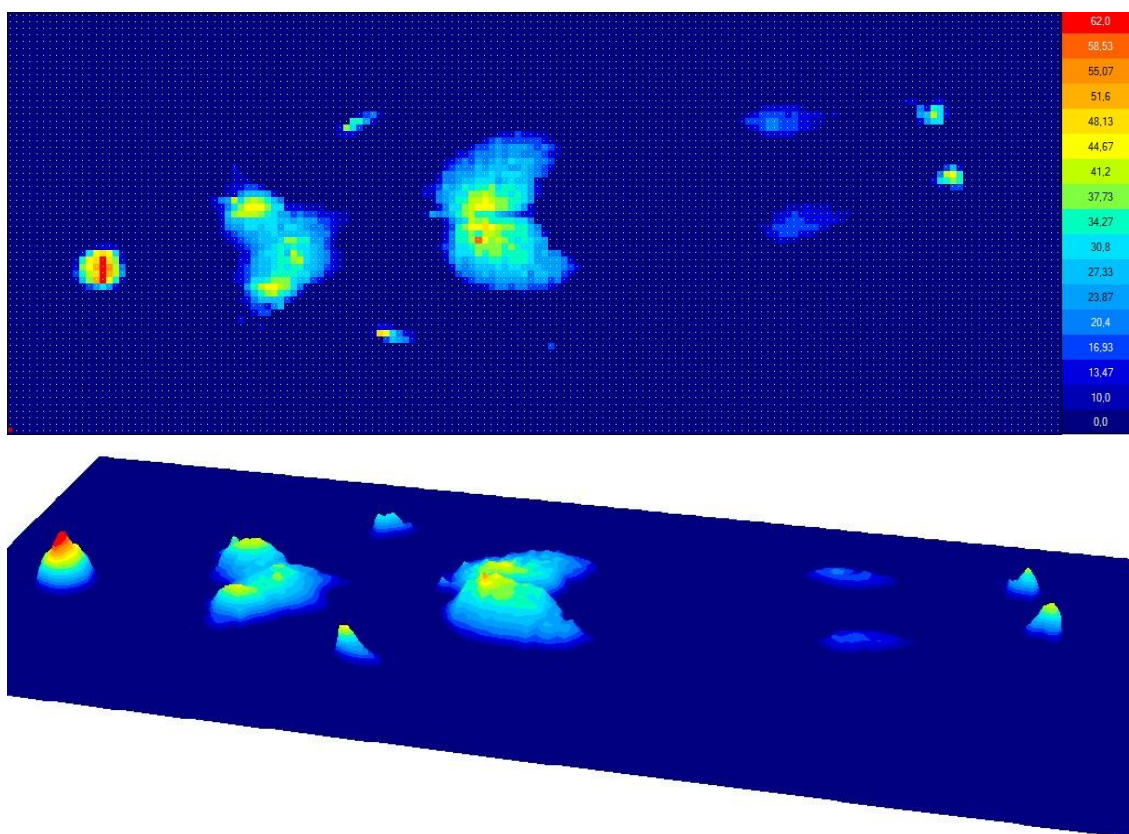
Stretch 500 MC21 – žena



Stretch 500 MC21 – muž

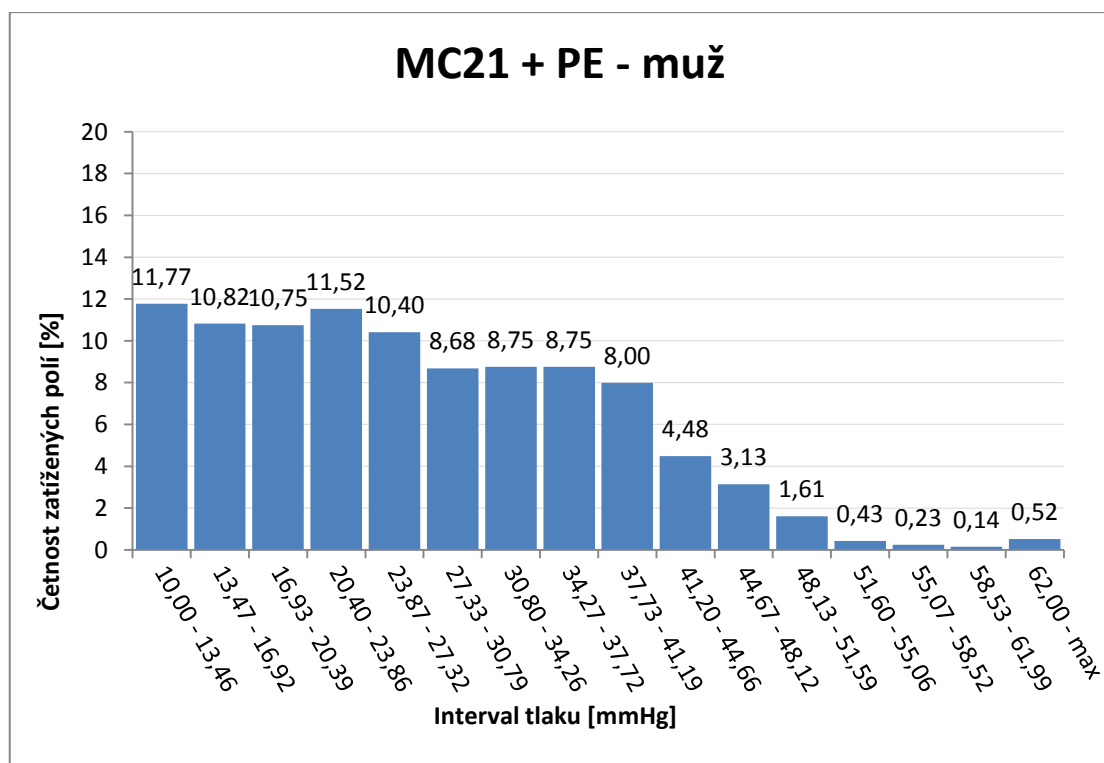
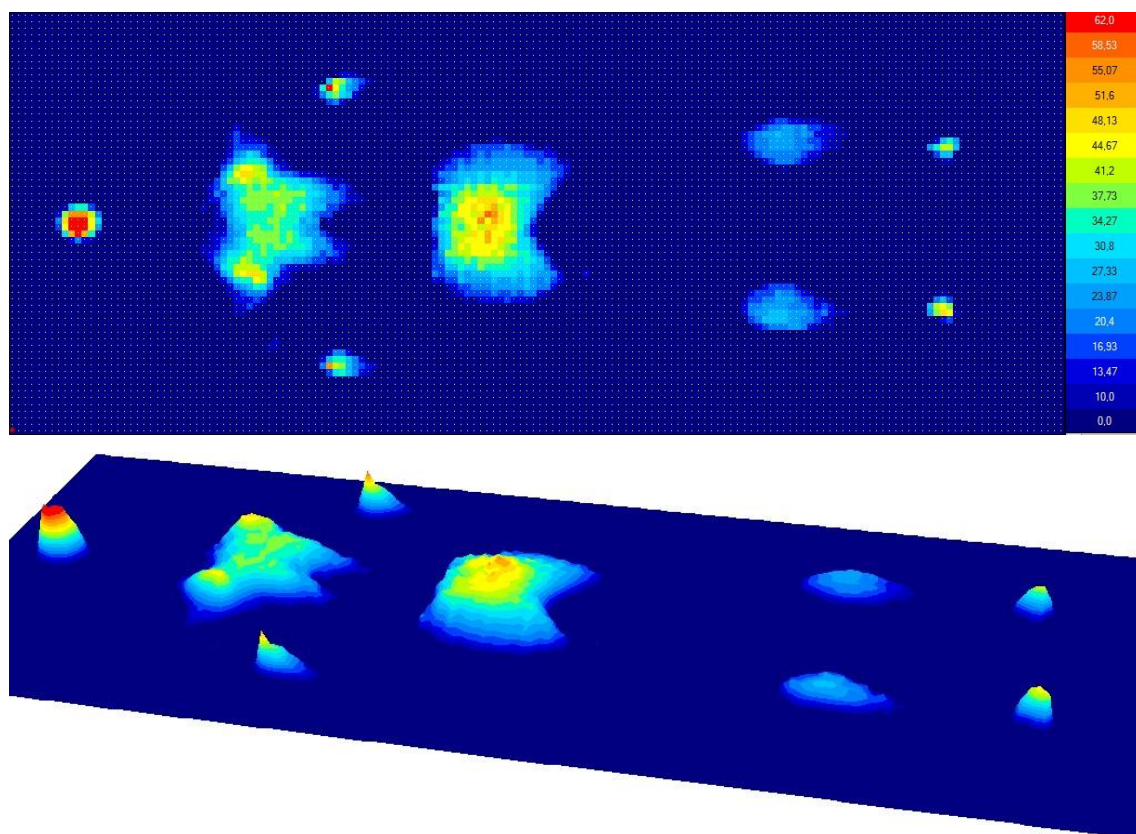


Stretch 500 MC21 + PE-LD fólie – žena

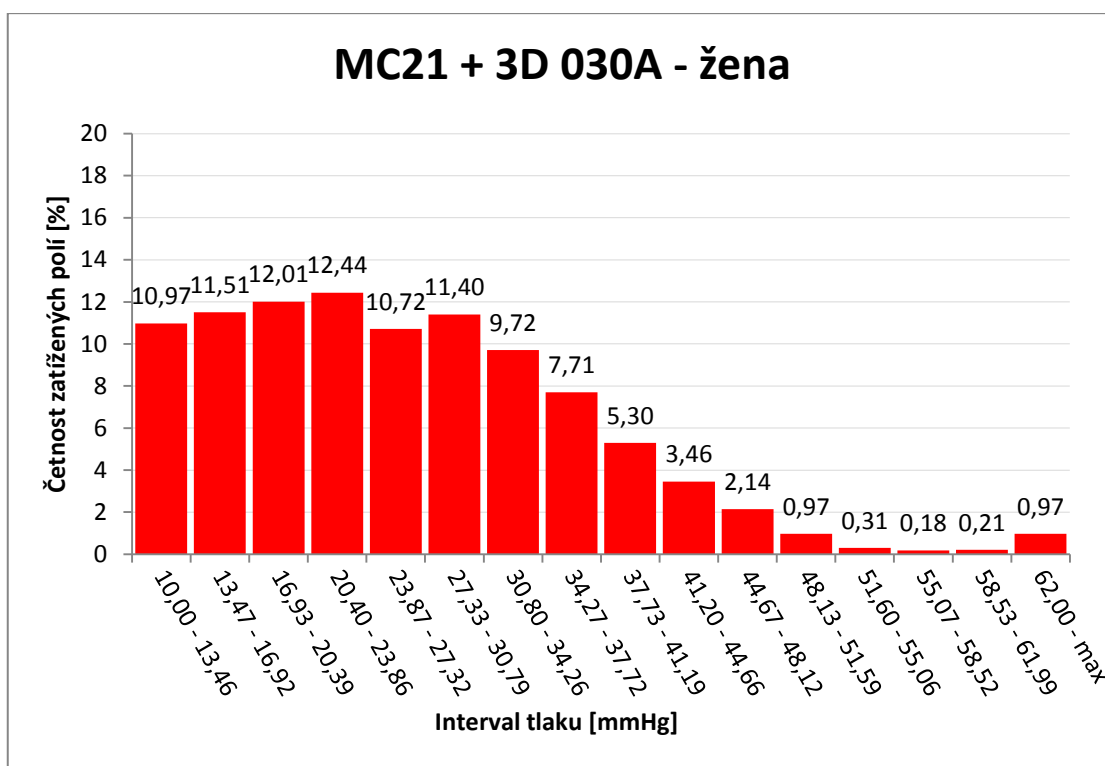
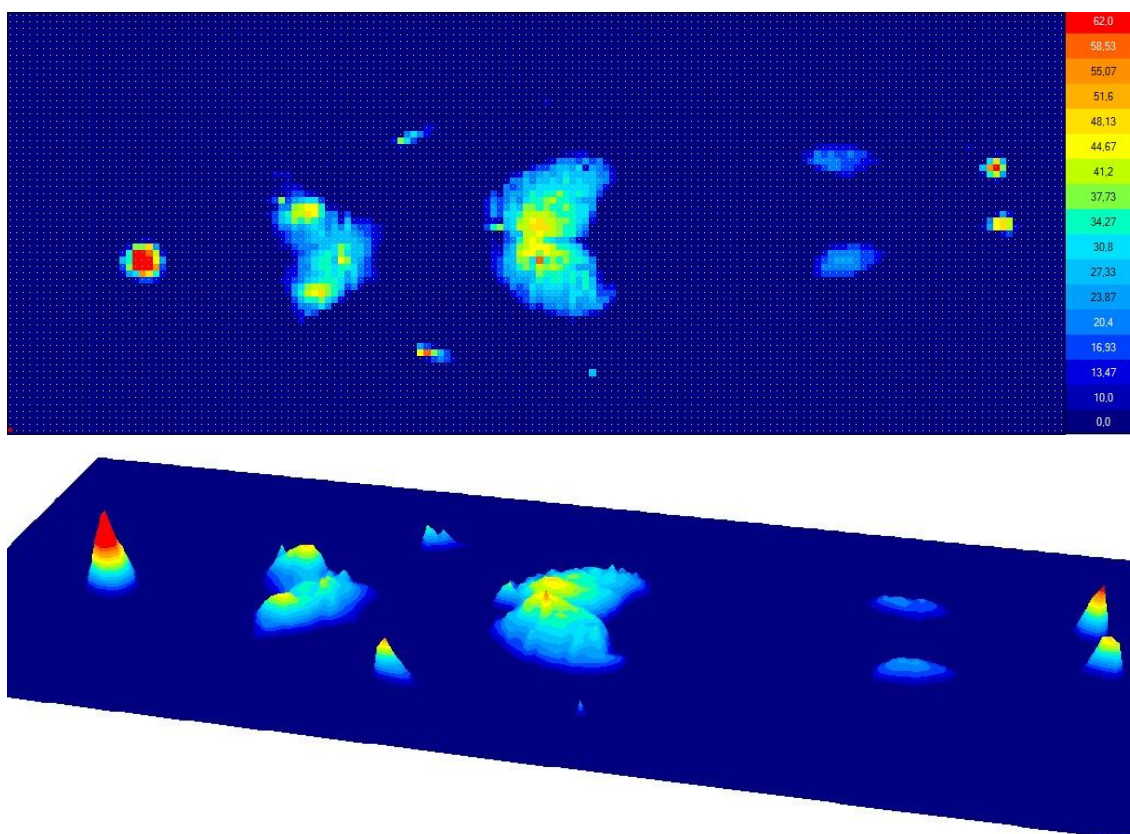




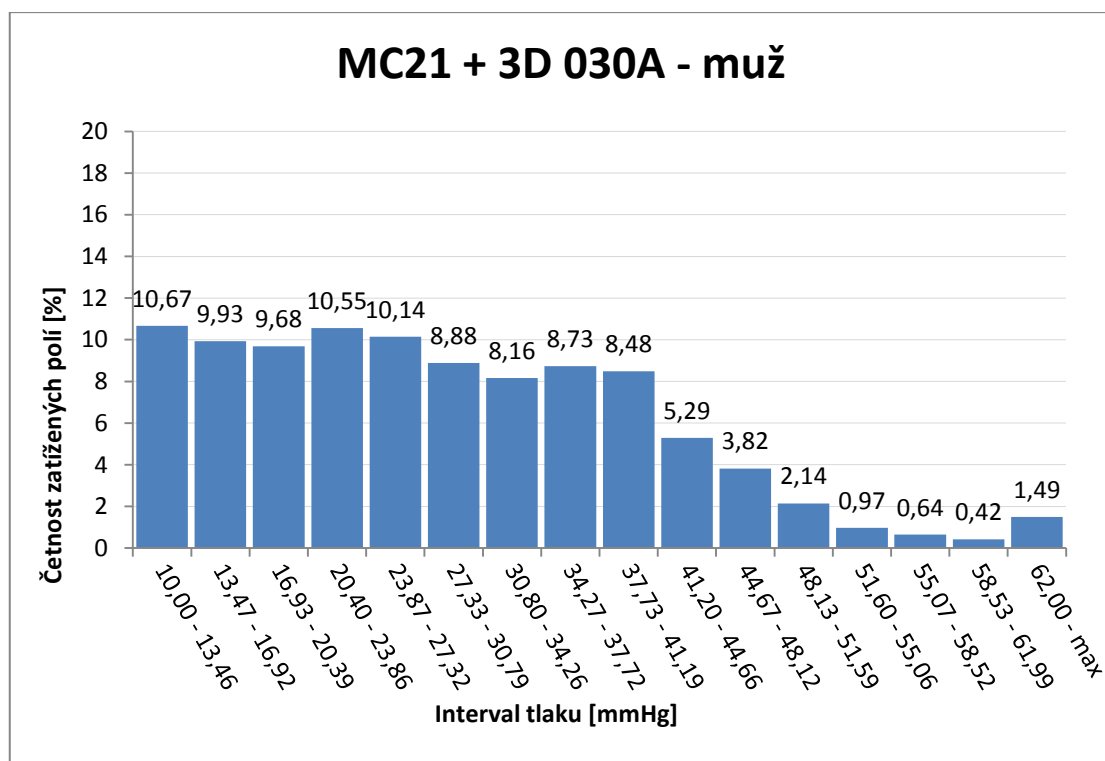
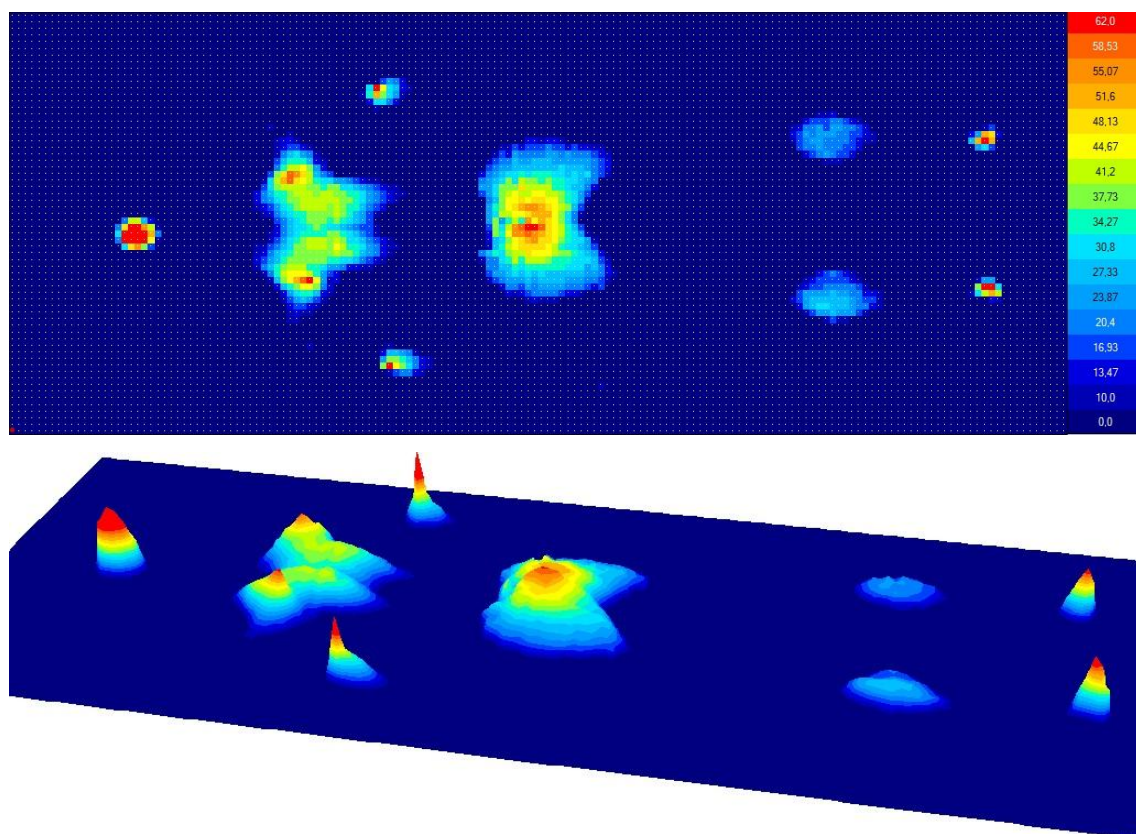
Stretch 500 MC21 + PE-LD fólie – muž



Stretch 500 MC21 + 3D 030A – žena

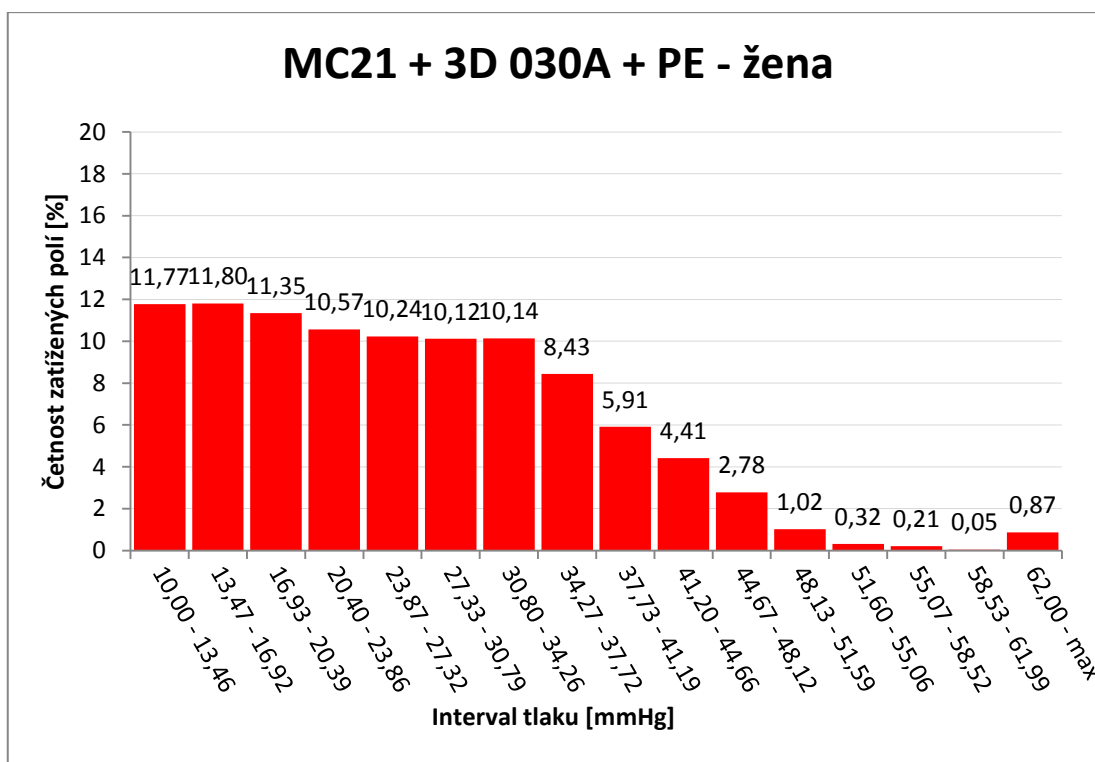
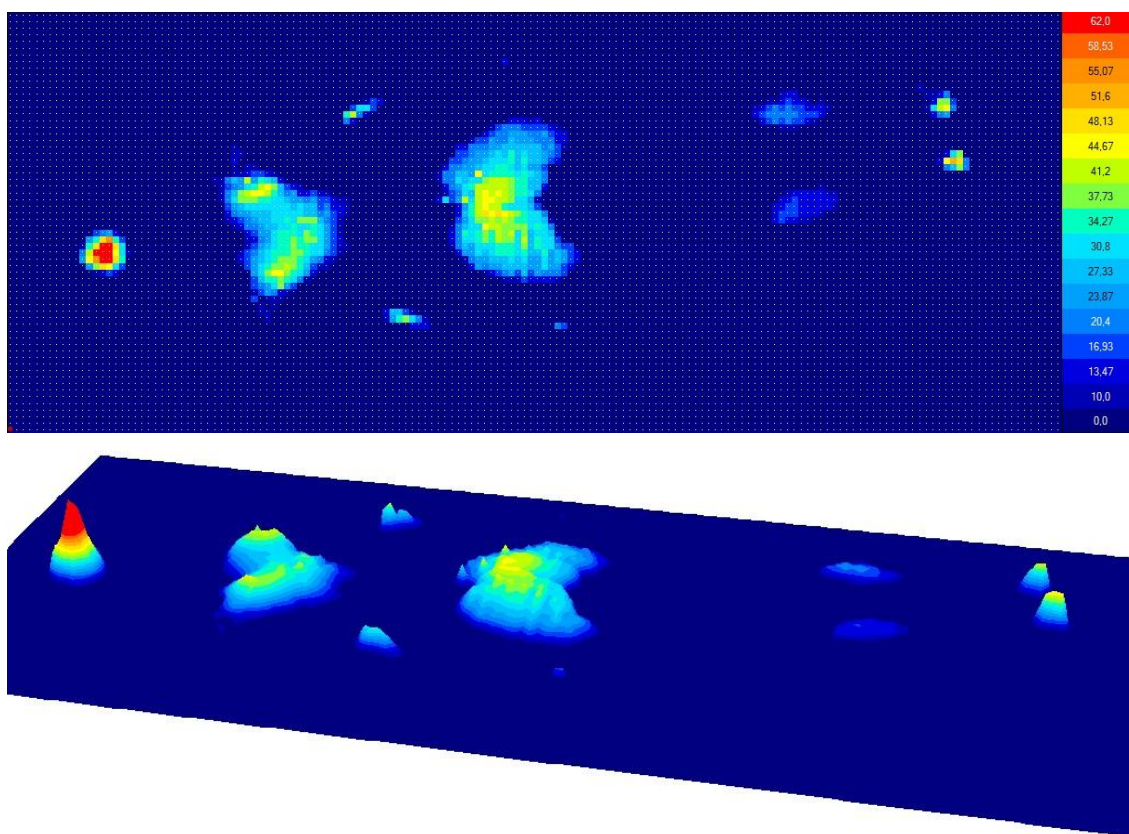


Stretch 500 MC21 + 3D 030A – muž

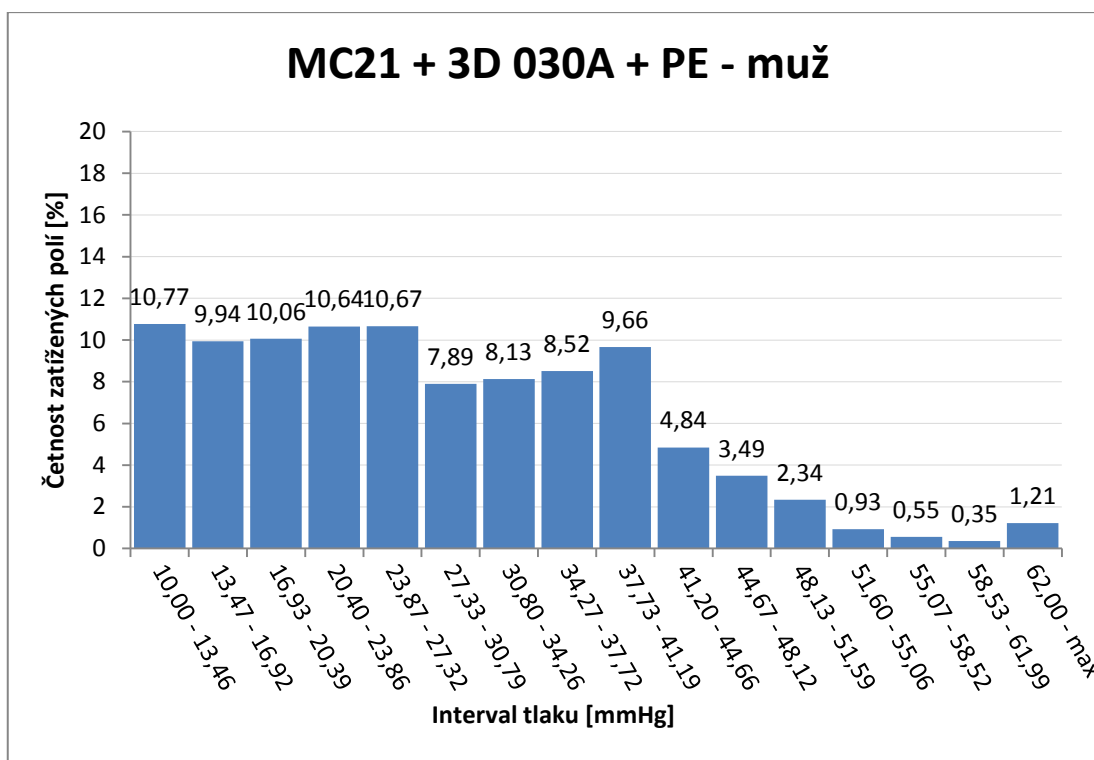
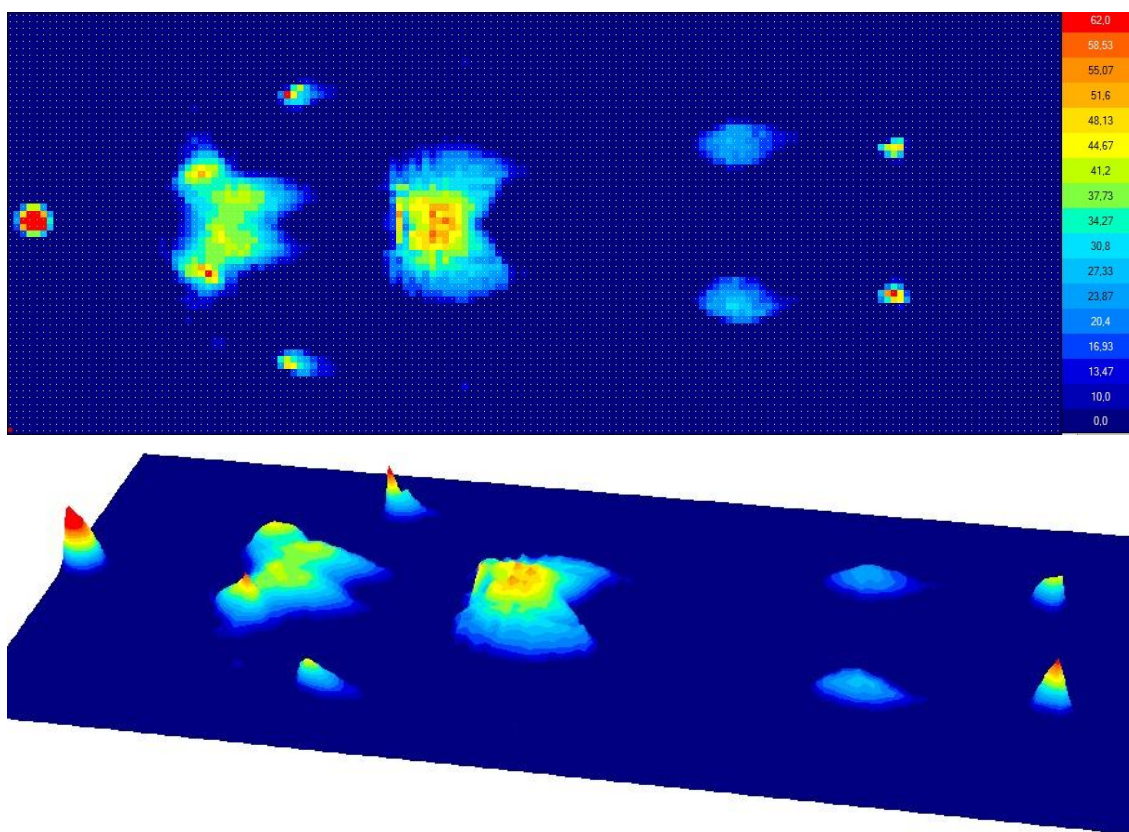




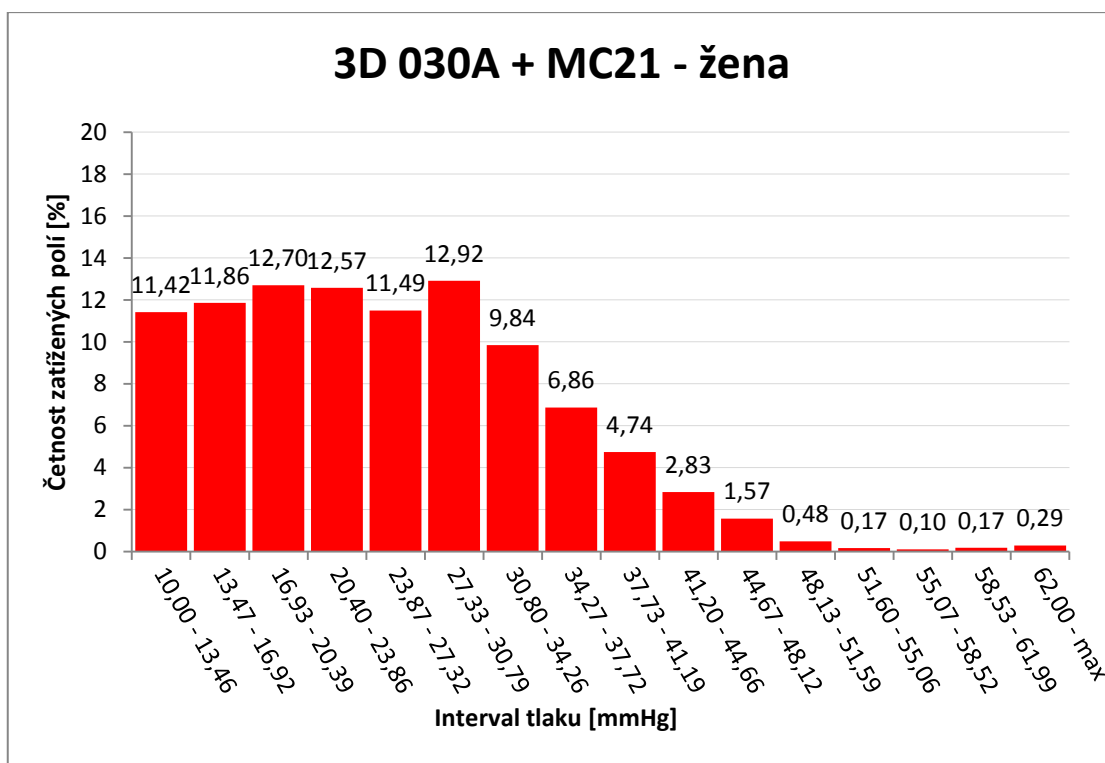
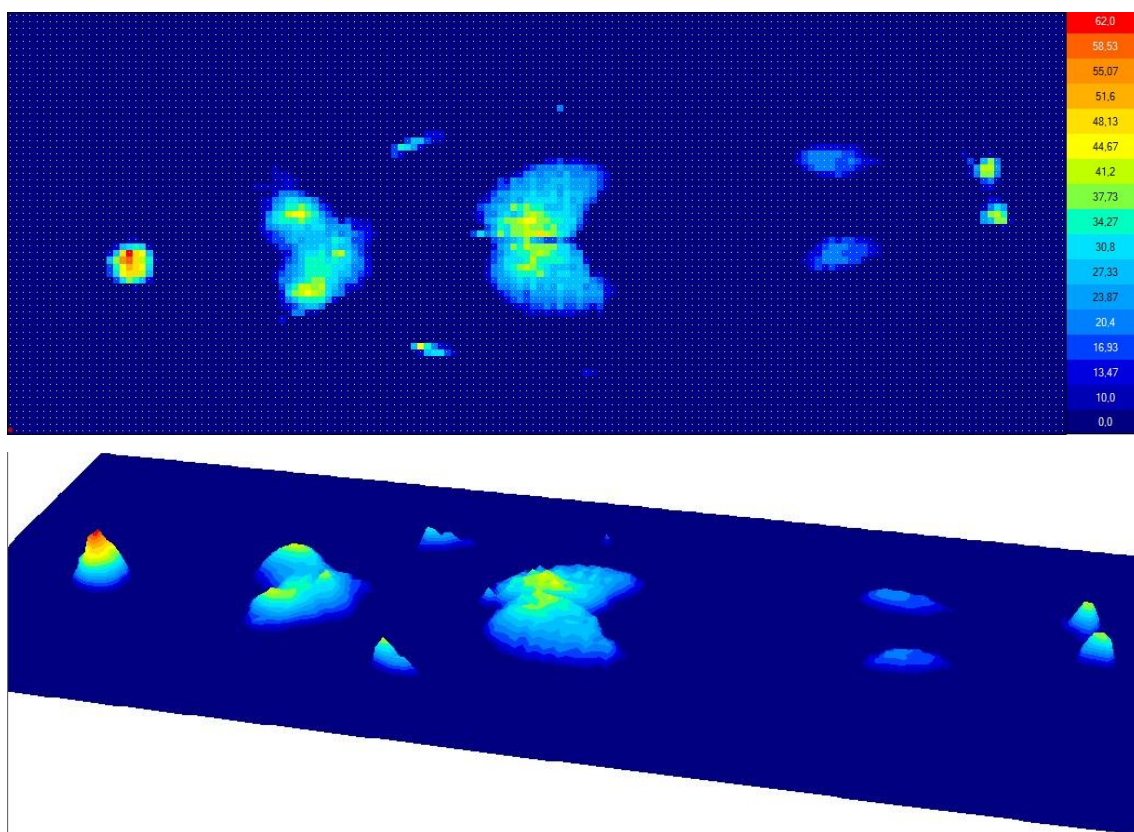
Stretch 500 MC21 + 3D 030A + PE-LD fólie – žena



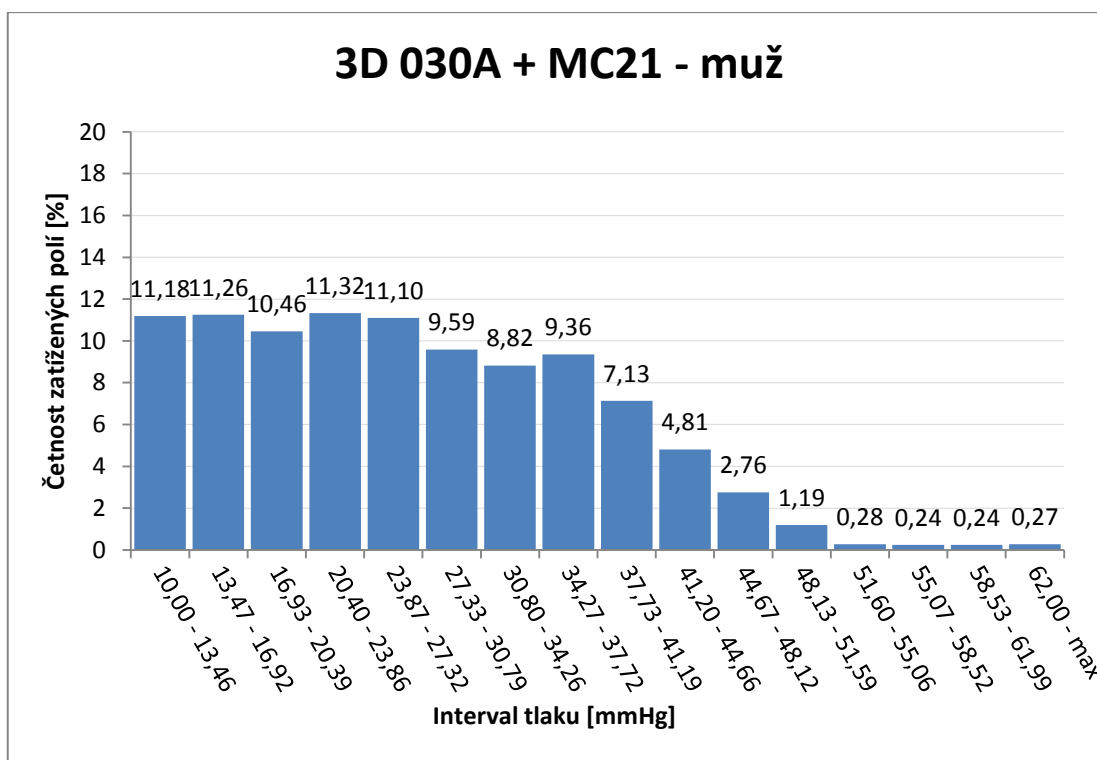
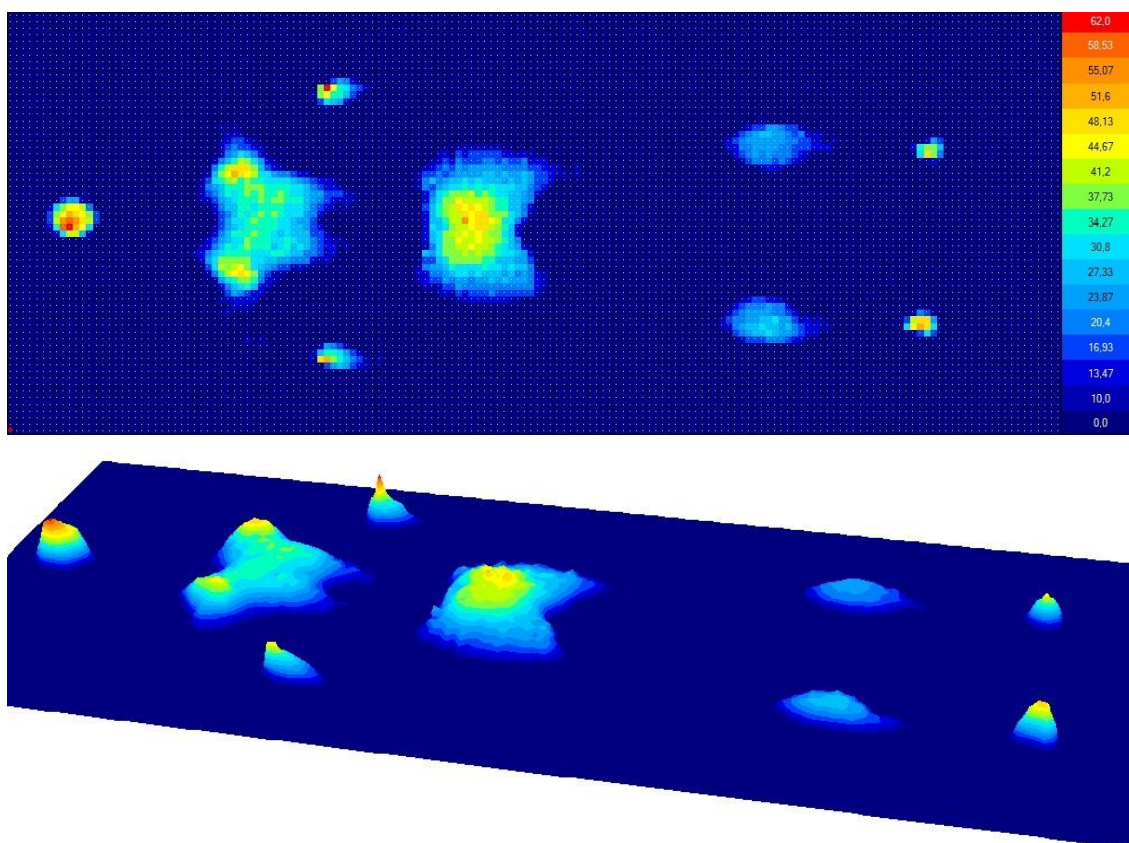
Stretch 500 MC21 + 3D 030A + PE-LD fólie – muž



3D 030A + Stretch 500 MC21 – žena

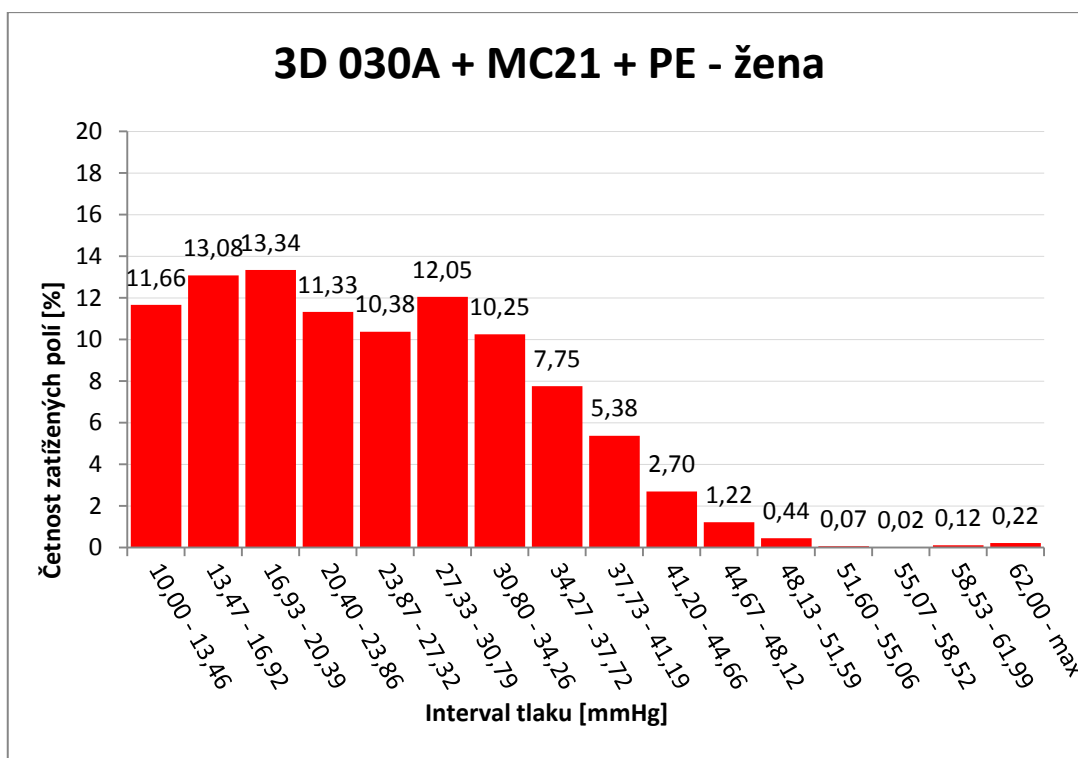
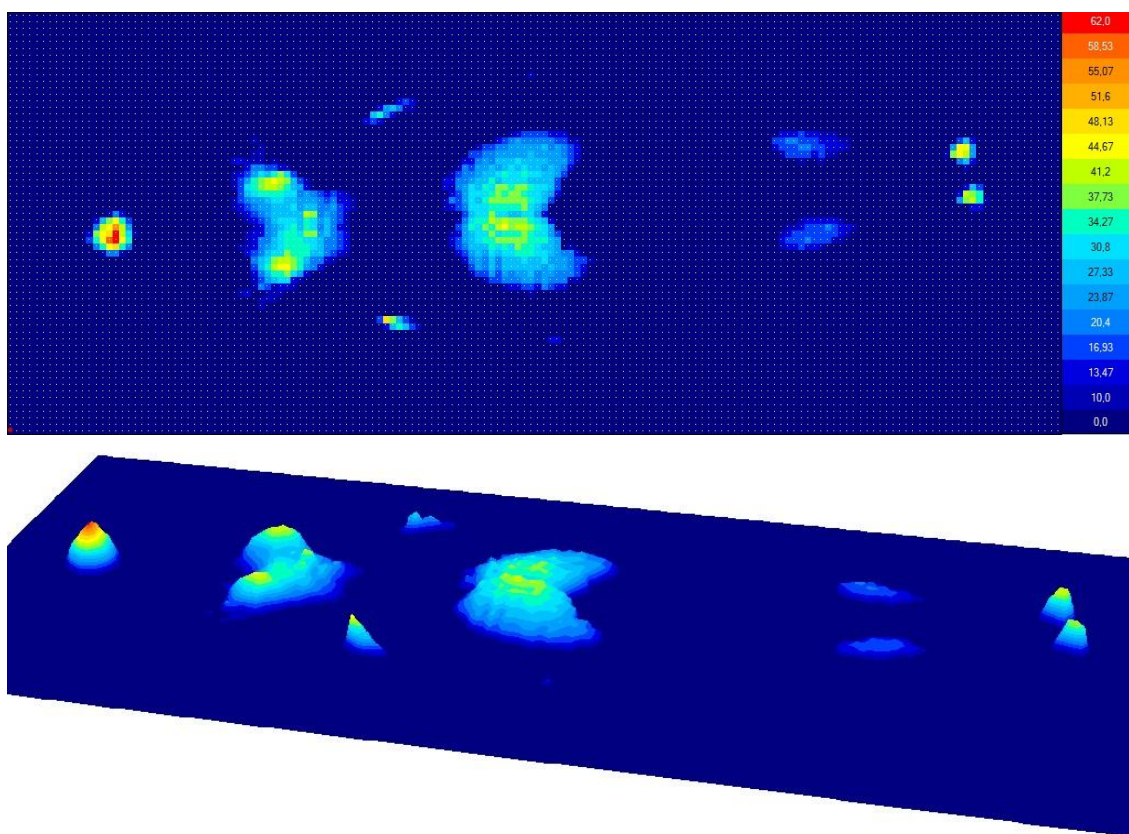


3D 030A + Stretch 500 MC21 – muž





3D 030A + Stretch 500 MC21 + PE-LD fólie – žena



3D 030A + Stretch 500 MC21 + PE-LD fólie - muž

